



第一推动丛书 (第3辑)

The Engines of Our Ingenuity

智慧的动力

[美] 约翰·H·立恩哈德 / 著 刘晶 肖美玲 燕丽勤 / 译 湖南科学技术出版社





每天，上百万的美国人打开收音机，收听立恩·哈德教授主持的《智慧的动力》节目。本书即以立恩哈德教授的电台系列节目《智慧的动力》第一年的广播稿为基础。在本书中，立恩哈德教授把他对科学、文化、人类发明以及技术发展的反思重新梳理成章，展现了技术的变幻莫测：它宛如一面镜子，一种危险，或者是某种大英雄主义的假想，全书洋溢着来自于细致观察的真知灼见。

智慧的动力

发明家、数学家、工程师们以及他本身，IMC-3、胡佛大坝、二极管和缝纫机的故事烘托着本书的主题。立恩哈德从人文主义的角度审视科学技术史，说古论今，动态地把握住了科学技术对人类历史的驱动，同时也展示了社会环境、人类需求向來都决定着技术革新方向。本书与其说是一部历史，还不如说是一部人类自传，因为我们的一切都已经写入了我们所制造的机器之中。



第一推动丛书·第35册

The Engines of
Our Ingenuity

智慧的动力

[美] 约翰·H·范恩哈德 / 著 刘晶 肖美玲 葛丽勤 / 译 湖南科学技术出版社

第一推动丛书 第3辑

智慧的动力

著者：[美] 约翰·H·立恩哈德

译者：刘 晶 肖美玲 燕丽勤

责任编辑：吴 炜 陈 刚 戴 涛

出版发行：湖南科学技术出版社

社 址：长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系：本社直销科 0731-4375808

印 刷：长沙化勤印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址：长沙市青园路 4 号

邮 编：410004

出版日期：2004 年 5 月第 1 版第 1 次

开 本：889mm×1194mm 1/32

印 张：10.75

插 页：4

字 数：250000

书 号：ISBN 7-5357-3971-7/N·114

定 价：24.00 元

(版权所有·翻印必究)

总序

科学，特别是自然科学，最重要的目标之一，就是追寻科学本身的原动力，或曰追寻其第一推动。同时，科学的这种追求精神本身，又成为社会发展和人类进步的一种最基本的推动。

科学总是寻求发现和了解客观世界的新现象，研究和掌握新规律，总是在不懈地追求真理。科学是认真的、严谨的、实事求是的，同时，科学又是创造的。科学的最基本态度之一就是疑问，科学的最基本精神之一就是批判。

的确，科学活动，特别是自然科学活动，比较起其他的人类活动来，其最基本特征就是不断进步。哪怕在其他方面倒退的时候，科学却总是进步着，即使是缓慢而艰难地进步，这表明，自然科学活动中包含着人类的最进步因素。

正是在这个意义上，科学堪称为人类进步的“第一推动”。

科学教育，特别是自然科学的教育，是提高人们素质的重要因素，是现代教育的一个核心。科学教育不仅使人获得生活和工作所需的知识和技能，更重要的是使人获得科学思想、科学精神、科学态度以及科学方法的熏陶和培养，使人获得非生物本能的智慧，获得非与生俱来的灵魂。可以说，没有科学的“教育”，只是培养信仰，而不是教育。没有受过科学教育的人，只能称为受过训练，而非受过教育。



正是在这个意义上，科学堪称为使人进化为现代人的“第一推动”。

近百年来，无数仁人智士意识到，强国富民再造中国离不开科学技术，他们为摆脱愚昧与无知做了艰苦卓绝的奋斗。中国的科学先贤们代代相传，不遗余力地为中国的进步献身于科学启蒙运动，以图完成国人的强国梦。然而应该说，这个目标远未达到。今日的中国需要新的科学启蒙，需要现代科学教育。只有全社会的人具备较高的科学素质，以科学的精神和思想、科学的态度和方法作为探讨和解决各类问题的共同基础和出发点，社会才能更好地向前发展和进步。因此，中国的进步离不开科学，是毋庸置疑的。

正是在这个意义上，似乎可以说，科学已被公认是中国进步所必不可少的推动。

然而，这并不意味着，科学的精神也同样地被公认和接受。虽然，科学已渗透到社会的各个领域和层面，科学的价值和地位也更高了，但是毋庸讳言，在一定的范围内，或某些特定时候，人们只是承认“科学是有用的”，只停留在对科学所带来的后果的接受和承认，而不是对科学的原动力、科学的精神的接受和承认。此种现象的存在也是不能忽视的。

科学的精神之一，是它自身就是自身的“第一推动”。也就是说，科学活动在原则上是不隶属于服务于神学的，不隶属于服务于儒学的，科学活动在原则上也不隶属于服务于任何哲学。科学是超越宗教差别的，超越民族差别的，超越党派差别的，超越文化的地域的差别的，科学是普适的、独立的，它自身就是自身的主宰。

湖南科学技术出版社精选了一批关于科学思想和科学精神的世界名著，请有关学者译成中文出版，其目的就是为了传播科学的精神、科学的思想，特别是自然科学的精神和思想，从而起到

倡导科学精神、推动科技发展，对全民进行新的科学启蒙和科学教育的作用，为中国的进步做一点推动。丛书定名为《第一推动》，当然并非说其中每一册都是第一推动，但是可以肯定，蕴含在每一册中的科学的内容、观点、思想和精神，都会使你或多或少地更接近第一推动，或多或少地发现，自身如何成为自身的主宰。

《第一推动丛书》编委会



前 言

说技术、讲故事，就得先对技术这个庞然大物有所了解。我从事工程长达半个世纪，从小就喜欢玩儿搭飞机模型，复制 20 世纪出现的令人眼花缭乱的机器模型。后来，又通读了某图书馆馆藏的所有技术书。

这些经验让我对寓言“盲人摸象”里的乞丐们的所作所为感触颇深。就像寓言中盲人摸到大象的不同部位似的，大象的身子像堵墙，耳朵像片叶子，尾巴像条蛇。当我们撞上技术这头大象时，也会形如盲人摸象，无论如何也看不清它的全貌。

本书中让我们有 17 次机会瞥见这头巨兽，在这 17 章里，我将向你们描述我所了解的象脚、象尾和象牙。然而，它如此庞大，即使我用尽浑身解数也难做到以一概全。更何况任何一本写技术的书都难免带有武断性——最多不过是对象眼或象腿所做的不错的描述，仅此而已。

因此，书中的随意性在所难免。本书以电台系列节目《智慧的动力》第一年的广播稿为基础，以松散的框架集结而成。原来的节目主要想透过历史的窗口看人类智慧和创透力。梳理时，为保持其思想新颖性，我对广播稿做了一些删节和补充，并把每个话题写成了一个章节，希望它们能够展示技术这座大厦的某些棱面。



我并不打算写一部历史，本书充其量也只能算是历史的衍生物。它是一部传记，一本评论集（传记一直在一个巨大的阴影中若隐若现，直到最后才显形），某一章讲述大象尾巴的构造，另一章描述大象鼻子的功能，直到最后才尽力告诉大家它们和这头巨兽的瓜葛。

在本书的第14章我强调：任何一项做得好的工作，一项发明，一本书，远非一人所能为。本书就满载着许多人的良好祝愿，他们的支持无处不在：KUHF-FM广播电台的工作人员、我的同事、图书管理员、学校管理人员，还有来自世界各国的听众（武装力量电台和BBC电台将《智慧的动力》节目向全世界转播）以及“智慧的动力”网站（在该网站上可以找到所有的节目广播稿）。除了以上人员所予以本书的精神支持外，在此，特向下列人士致谢。没有他们的帮助，就没有此书的问世。

比尔·博盖尔首先提议将广播稿写成书，当时他任半球出版公司主席。写作工作始于1989年，由于出版公司并入另一个只对纯技术书籍感兴趣的出版公司而搁浅。后来，时任Textware公司主席的比德·高敦先生于1996年重新启动这项工作，他的热情、精力和远见卓识为本书注入了活力。当他关掉了自己的公司，出任牛津大学出版社高级编辑时，亦将该项目带入。

在牛津大学出版社科克·杰森的建议下，我才把自成一体、每篇500字的广播稿扩充成松散连接的17章。这种形式适合读者，正如短小精悍的文字适宜于听众一样。本书的最终出版得益于科克和牛津大学出版社的众多人士。责任编辑苏姗·戴对文稿多处润色，特此致谢。

我衷心感谢那些为本书提出修改建议的朋友们，尤其是卡萝尔·立恩哈德和杰弗特·法岱尔博士。卡萝尔以其独到的眼光逐字推敲书稿和广播稿。杰弗特·法岱尔作为休斯敦大学语言学家和图书馆员，全面修订了广播稿和本书的书稿。两种完全不同的视



角，为你将翻阅的这本书的成形起了重要作用。

约翰·H·立恩哈德

1999年9月



目 录

> 第 1 章	机器：我们的一面镜子	1
> 第 2 章	上帝：造物大师	25
> 第 3 章	透视发明者的头脑	44
> 第 4 章	平凡的世界	70
> 第 5 章	科学家族内的联姻	90
> 第 6 章	工业革命	111
> 第 7 章	新生的美国	125
> 第 8 章	飞天的梦想	152
> 第 9 章	观念和技术的更新	166
> 第 10 章	战争与其他杀人之道	184
> 第 11 章	科技发展的里程碑	203
> 第 12 章	系统、设计与生产	222
> 第 13 章	物质神话时代	237
> 第 14 章	谁是首创者	256
> 第 15 章	失败总是接踵而至	278
> 第 16 章	科技与文学	291
> 第 17 章	身在其中	306



第1章 机器：我们的一面镜子

镜子是件不可思议的玩意儿。站在它面前，传输过来的并不是那个熟悉的你，准确地说是被转了一个个儿，又重新凑起来酷似你的镜像，或者说是你的反转像——和其他人眼中的你正相反。如果有位摄影师让你看一张我的照片，而这张照片拍摄角度恰好是拍到我在镜子中的样子，那么，不费点儿周折，恐怕很难看出哪个是镜像中的我，哪个是本我。镜像虽不夸张但却产生细微变化，结果往往使人茫然。

说技术是人类的一面镜子绝非戏言。异族他类第一次看到地球，要了解人类时，只能通过观察我们所制造的机器，才能得出相应结论。这也正是人类学家在研究远古生物的残骸时所采用的方法。人类学家首先要搜索灵长类头颅出土的周边地区，如果找不到工具的痕迹，就不能下结论说这些颅骨属于人类。

英文技术（technology）一词的拼写方式有助于我们理解这一过程。希腊语 *Teknē* 的意思是制造某一工具的技艺或技巧，那是雕塑家、石匠、作曲家或工匠的专利，



人站在镜子面前的疑惑：
哪个是影像，哪个是本我？



它的后缀“-ology”表示做某工艺的学问。由此看来，技术是有关制作某种工具的知识。曾经有人提议我们应该称人类为技术人(homo technologicus)，并且是使用技术的人，而不是什么“智慧人”(homo sapiens)，只有这样才能反映人类的本质。

技艺+学问还远远不能概括人类的本质。早在制造工具之前，人首先实现了后腿的直立行走，从而解放了双手。在240万年前，人类就已经拥有了早期石器工具，那时候人的大脑相对而言还很小。后来，我们所制造的工具逐渐复杂起来，与此同时思维能力也随之不断增强，就这样，工具的制造促进了大脑的发育，四肢的发达又使技术——工具制造——的进步成为必然。结果，技术不仅使人的大脑发达起来，而且成为它不断发达的源泉。

大脑的发育受制于技术的发展？这听起来似乎因果颠倒，令人难以置信。工程技术人员毕竟是人类培养出来的，人类让他们受教育，他们的大脑才有了把握技术发展进程的能力。说实话，难道在这个星球上真的有人那么聪明伶俐，竟然发明了微型计算机？没有任何人——这就是答案。微机自己发明了自己！在微机的进化过程中，它不时向人们展示着自身的潜能，并且每隔一个阶段就向前迈进一步，只不过这种进步偶然被发现后，才在人的协助下得以实现，从而完成一个飞跃。

有一年的圣诞节，当时我们的儿子15岁。我和妻子送给他一台老式VIC-20型电脑。之后两个星期内，儿子隐遁在自己的房间，当他重新露面时，已经得到了升华，竟然学会了用BASIC语言编程序。谁教会他的？电脑！电脑拓展了他的大脑，使之开窍，最后让他超越了自我。走出卧室，他判若两人。和我们一样，在技术的熏陶下他重新塑造了自我。技术作为一种制造和使用工具的传统，是人类文化遗产的基本要素——工具、设备、机器无所不在。我们一来到这个世界就置身其中，并不断接受其熏陶和塑造。



所以，我才敢夸口说，电脑是自己发明自己的。人们凭本能创造了魂牵梦萦的机器。文字、印刷术所展现的无穷魅力使我们茅塞顿开，并不同程度地影响了我们对世界的看法，进而深刻地改变了人类文明的进程。

汽车所带来的变化是它的发明者们始料不及的。功过是非且不论，汽车导致了高速公路的出现，改变了城镇的布局。电话的问世给人类的交际方式带来质的变化。当年，有人问威尔伯·莱特（Wilbur Wright）造飞行器的初衷，莱特回答说：“主要是为了运动。”然而，实际上飞机就像一面镜子，它所折射出的是人类内心深处的梦想和需求。

我们走进人类所制造的机器这面镜像之中，就会逐步领会技术与人类的微妙关系。发明机器时，人的创造力与技术自身的驱动力相互交织，相映成趣，相得益彰。至于技术和大脑究竟谁为驱动力这个问题，其答案类似于鸡与蛋孰先孰后之类的哲学问题。

农业是探讨这个问题的最佳切点：农业是人类技术的重要一环，是人类为控制来自于土壤的财富而放弃集体狩猎的生产方式、从而成为建设者和创造者的进化过程中所迈出的重大的一步。

引发这种跳跃式发展的关键源于两次遗传基因的意外转变。考古发现表明，这两件事为这一变化搭起了舞台：在公元前8000年以前，小麦的雏形酷似一种野草，不像现在的小麦含有那么多的淀粉物质。不知何许时起，小麦与另外一种植物杂交，结果它的基因发生了变化，从而产生了一种叫野麦（emmer）的物种，这种植物的籽既可以食用，又可以随风飘扬，所以自我播种繁殖力极强。

公元前8000年，靠狩猎为生的那图番人（Natufian）生活在杰瑞科（Jericho）及死海附近。2000多年来，那里的气候一直温



和舒适，土地肥沃，物产丰富。后来，由于气候变得干燥，那里的植被也随之改变，狩猎活动也不得不被迫向北迁移。由于野生谷物更适应干燥的气候，且不用劳神去播种，那图番人便通过收割野麦，食用它的果实而逐渐改变了他们的饮食结构。

第二次基因的突变大约发生在公元前6000年。那时地里长出的谷物果实更加饱满，很像我们现在的小麦。但是，这个新品种虽然保持了很强的繁殖力，却在同时失去了自我播种繁衍后代的能力：作为谷物，小麦虽然远远优于野麦，可是小麦的种子只能紧紧地贴在麦秸上，根本不可能随风飘落，如果没有农夫的播种、收获，小麦就会消亡。你瞧，现代小麦缔造了农业，它在把自身的生存交给农民的同时，也给我们留下了一个谜：现代的小麦是怎样取代那些野生谷物的？我们没有准确的答案，我们可以猜出几分。

那图番人当时几乎已经具有播种野麦、收割生存所必需的谷物的能力。一旦这样做了，就为饱满的果实的出现提供了契机：因为它易于收获，种子收割后也不会随风飘去。那图番人每收割1次，产生这种突变的比例就增加一点，野麦的野性亦随之相应减弱一点。

人类大约用了一代左右的播种时间便使新的谷物取代了野麦。随后，现代小麦以迅雷不及掩耳之势成为田野的主宰。这是一件幸事，同时也带来了灾祸。那图番人很自然地以一种高产的谷物取代野生谷物，那图番人的做法却很难让人交口称赞，因为他们使一种自我繁殖力强的野生植物消亡。田野里没有了野麦！虽然从此我们的生活过得好了，但同时由于这种新作物得时刻有



上：现代小麦

中：野麦

下：酷似野麦的草



人照看，由此而生的这种新的农业技术将人类自己与这种新的食物永久性地捆绑在一起。^[1]

因此，农业技术是农民的一面镜子。人类创造了农业，使农作物与植物的原始生存方式分道扬镳，而农业又把人类变得面目全非，这一过程同我儿子与那台原始计算机的相互影响如出一辙。

度量单位充分体现出这一镜像过程已经深入到我们所有的技术（正如你将看到的那样，我们所知的科学，也是建立在这种技术之上的）中的程度。当普罗塔哥拉斯（Protagoras）2500年前说“人是万物的尺度”时，他或许比我们刚开始时对技术的看法在字面上更接近于真理。我们用于度量的标准和尺寸的建立完全依赖于人类的感觉，不论是重量还是计量单位，都或多或少地反映着人们的所见所闻。

比如1磅或1千克的重量大致相当于任何密度相当的物质：我们随便可以抓在手里的一块石头或一块金属的重量大致如此。英寸、英尺、码、米也与人体某些部分大致相关。英里、公里的意思可以追溯到美洲乡村，那里的人用“眺望”这种方法表示视觉的距离。去东肯塔基州，然后向人打听离城还有多远时，会听到这样的回答：“哦，望两眼的距离吧。”他的意思是你得尽量看得远些，找一找，就会看见在你视觉的尽头有一棵橡树。向前走，走到了那棵橡树后，再尽量往前看，城镇就在那儿。正好位于望两眼的距离之内。“望一眼”到底有多远？当然它是一个模糊的概念，然而即使在平坦地带，我们能辨认出事物的距离一般是1公里，最多1英里（1英里约合1.609公里，下同）。

我们的温度计有华氏和摄氏两种标准，它们都是人们所能感受到的温度变化的最小值：发热时，体温上升1度我们也会感受到；人的舌头可感觉到1伏的电压变化；每平方英寸（1平方英寸约合6.4516平方厘米）的面积上压强增加82克时，我们的耳



朵便会察觉到，如此林林总总，不胜枚举。

1 千瓦或 1 马力（735.499 瓦）大致相当于人的一阵短跑所做的功——如跑上楼梯时所做的功，顺便提一下，1 马力比 1 匹马在短时间内所做的功要小，但远远大于 1 匹马一整天所做的功。1 千瓦或 1 马力不仅与我们在一次短瞬间的、爆发力所做的功相当，而且也是在人不受到伤害的前提下，所能释放的能量的极限，相当于我们在烈日当空之时躺在海滩上太阳光直射到我们身上的能量，或者说和我们洗一次热水浴所消耗的能量相当。^[2]

正因为人是大部分测量工具的核心，科学对世界的解释也是以人为出发点的。但这也没有什么不妥之处。多数科学家深信，科学的发展无论在哪方面都没有达到真正意义上的极限。科学工作的必要性在于它使我们的实践变得可以预见。因此，科学以及建立在科学之上的现代工程技术理应像一面镜子，折射出人类的本质和需求。

物理的测量单位直接映射了人体的某些部位，同时人们在使用它们时设法摆脱人类自身的局限性，以期能够时时刻刻更客观地了解世界，“面对一件东西，我们应该说它大呢，还是应该说它小？”当有人问这么一个看似简单的问题时，这种尺度显得更有意义。因为在回答这个问题时，我们会本能地以人体为参照。我们对大小的理解，建立于自身的生活体验，当某个物体比人类或大或小时，我们都会由于其行为方式的不同而感到惊诧不已。

做个实验，你就会理解我的话：首先找一大一小两个球体，比如运动员用的大铅球和小孩子玩的 BB 球，然后从几米的高度抛到游泳池。结果，所激起的浪花迥然不同，大球激起的水散成一大片水花落下，而 BB 球则只能激起几滴小水珠。事实上，我们就是据此来判断一场电影中的海战是按比例模型模拟的，还是按实战录像剪辑的，因为模拟镜头中的水花看上去很不真实。

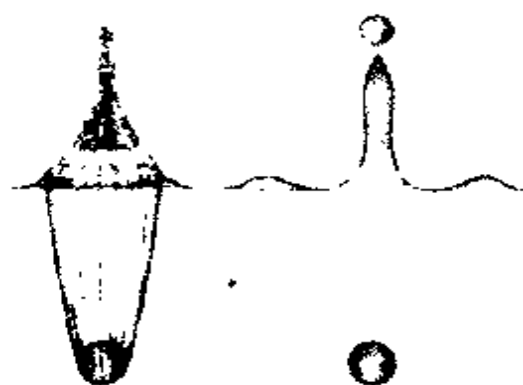
我以前认识一个腿瘸得很厉害的建筑工人。出事时，他正在



一幢正在拆除的建筑物的残垣上干活，当他看见有一个2吨重的铲斗——轻飘飘，慢悠悠地向他摇晃过来时，他举起双手想挡住它，就像要拉住小孩子坐的秋千一样。当那个庞然大物碰到他时，他也就被非常轻盈地击残。他成了小时候玩秋千这一经验的牺牲品——他轻易地上了经验的当，从而导致他对两吨重的铲斗掉以轻心，从而铸成了终生遗憾。

工程师总是考虑如何按比例仿造大物件的模型。如果一开始就直接建造一个可以容得下波音747飞机那么大的风洞来检验波音747飞机的性能的话，我们就几乎做不成什么事情，于是人们便制造了一个仿真的小型风洞模型。因此要想使BB球表现出大球的落水效果，就必须改变两个条件：一是使小球的速度大于大球的速度，二是在水中加入适量的洗涤剂，以降低水表面的张力。

控制这一过程的各种力（惯性、地球引力、表面张力）都会因物体体积的不同而不同。模型理论告诉人们如何调整某些相关变量的维度从而使实验的结果具有普遍的意义。当然这种调整会带来始料不及的结果，我们在实验室就是放大而不是缩小物体，通过显微镜把



球的大小不同，激起的浪花也不同

人的体液细胞放大到肉眼看得见的大小，来研究人体内的液体中微组织的运动规律。模型理论告诉我们，这项研究需要延长时间并且还需要放大液体阻力，如此，我们就可以让放大的模型缓慢通过冷蜂蜜的方法来复制血液细胞或精子的运动方式。

乔治·凯勒爵士（Sir George Cayley）于1773年出生在约克郡。年轻时他试图解开古老的人类飞翔之谜，他对缩放物理现象



的见解令人瞩目。凯勒（Cayley）一生有许多重要的发现，其中最著名的是他意识到鳐鱼的体形所产生的阻力最小，是飞机的理想外形。^[3]为什么是鳐鱼而不是鸟类？因为鱼周围的水流与空中相同体积的鸟类周围的气流大相径庭。一个世纪后，我们发现了动力模拟规则：当我们按一定的比例模拟黏性物与惰性物之间的相互作用时，如：鱼和鸟，水中一条小鱼的运动方式比一只空中小鸟的运动方式接近空中巨型物体的运动方式，所以，超音速飞机最终的外形设计像鱼的形状而不是像鸟的形状。我们所发明的机器，折射出人类的体验，只是这种体验又糅合了科学理论而已。

所以，模型的制造成为设计过程中常常遇见的一个问题。在它变成我们的经验部分之前，我们必须找到能够预测人类复杂行为的方法。现代量器体系已经发展成为高度精密的科学工具，使测量的定义更明了、更准确。但是，在这类器具为我们所用之前，技术的发展，早已达到了很高的水平。

我从祖母那儿学到，被烫伤时，不妨把手指放到茶水中浸一浸。她比任何医生都先知道茶水中鞣酸的治疗作用，祖母的生活沉淀，一点儿也不会因为她没学过有机化学而逊色丝毫。

又如，早在 1200 年之前，日本传统的制刀工艺就已经达到了登峰造极的地步。那时日本武士刀做工精致，是工艺技术的极品。它的刀刃用钢经过反复的淬火折叠打造，直至把刀刃面锻造成由 32768 层牢牢凝炼成的一个整体为止，每层只有 0.00001 英寸（1 英寸约合 2.5 厘米，下同）厚，这种工艺要求热处理必须十分精确，这样才能使刀刃不仅无比锋利并且柔若柳叶。



老鼠与大象：比例模拟不当会给人怪诞感觉



日本的刀刃代表着一种至善至美的工艺标准，即使是现代的质量控制也未能达到这一高度，并且，当时制造这种刀具的日本工匠无论是对温度测量，还是钢铁中碳元素的含量等问题一无所知，你能对他们为什么能够做得这样出色做出合理解释吗？

答案是我们应该记住的，即人们在制造刀具之前先要举行仪式。制造刀具的过程是前后一致的，因为仪式要遵守严格的程序，并且这些程序一成不变，这样，工匠就可以根据早上的阳光所折射的色彩控制温度。几个世纪以来手艺的秘诀是师徒代代相承，最终，制造武士刀成为日本艺术的一部分，深深地根植于日本的文化之中。^[4]

无独有偶，不仅在日本的制刀工艺，就连 18 世纪的小提琴制作，至今仍是具有生命力的传统工艺技术，与武士刀毫无二致，其制造过程与行业仪式也是不可分割的一个整体，这一统一性保证了它的制造工艺的一致性：仪式要遵守一成不变的程序，它的作用就相当于我们现在的测量方法。毕竟，人的智慧远远不只是了解机器的性能，丰富的经验产生伟大的技术。然而，触发并推进技术发展的创造力的动力绝不是几个技术数据，因为优秀的技术总是根植于优秀的文化之中的。最优秀的医生既了解祖母时代的民间传说，又了解有机化学。最优秀的冶金学家不仅会看金属铁所含碳元素的图表，并且可以从刚出炉的明亮的黄橘色刀刃上看出它的成色。

前些年，我曾为一个经验丰富的设计师工作。一天，他看着某一设备上的一个零件说：“你瞧在那个纤细的车轴上转动的沉重齿轮，有的人在设计时，简直不长眼睛。”最优秀的工程师不仅要懂得数学、物理和热力学，而且也应该了解他们所生活的世界。最优秀的工程师在以科学为依据、数学为动力建构我们周围的世界时，还必须将自己对人类的深邃洞察力融入其中，因此，他们所制造的机器也是他们为自己制造的一面镜子。



观看技术这面镜子的最佳去处是我们用于谈论技术的语言。科学、技术以及工程这几个词首当其冲。到底是谁使宇航船飞了起来？科学家、技术人员还是工程师，假如飞行失败，又该由谁来承担责任？如果了解了这几个词语的确切含义，这些问题就会迎刃而解了。

科学 (science) 源于拉丁语 *scientia*，意思是“知识”，我们用科学一词指有序的系统性知识。因此，科学家从事的工作是鉴别已有的知识，并使之呈现某种有序状态。

人们已经注意到技术 (technology) 一词是希腊词汇 *Τεχνη* (艺术与技巧的结合) 与 “-ology” (……学) 词尾的组合。在扮演制造东西的科学这一角色时，技术有别于吹玻璃管和机器制造的概念，技术用来指这些工艺的有序知识。而分享技术知识也是我们人类的一种本能。如果我们根据古希腊文 *Τεχνη* 重新为英语的技术一词下定义的话，技术将只限于描述实际制造某些工具的行为，那么我们的定义就会清楚明白多了。

这三个词语中的最后一个词 *engineering* 来源于拉丁语 *ingenium* 一词，含义是大脑的能力。英语中许多词汇与之相关：*ingenuity*，即发明、创造；*engine* 用于指人类设计的任何机器——任何创造性的结晶。因此，工程师首要的任务是设计机器，科学和技艺对工程的介入只有约 300 年的历史。这一点，我将在第 5 章中详细论述。当今的工程师是那些接受了良好科学教育的技术人员，在制造显示其创造性的机器时，他们能够高效地发挥这种潜质。

至于功过是非，科学家、技术员、工程师之中到底谁该为宇航器的成功或失败负责？显然，答案是这个问题的出发点不对。因为是技术、科学和发明三种力量的合成才促成了宇宙飞船的问世。工程师使这三者的功能得以集合。有的工程人员像工匠——技术的使用者，有的则像科学家，为设计者提供经过加工提炼的



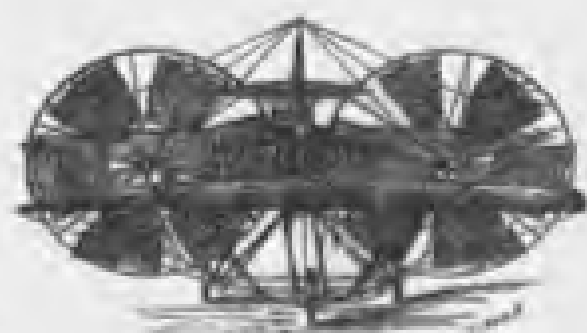
信息。但是，只有当他们的实际工作强调创造性的设计过程时，他们才赢得了工程师的称号，在这一过程中，他们将工程技术知识与科学相结合，最终导致了发明创造的产生。

让我们继续讨论词语，讨论我们命名机器的方式。某种机器发展成熟时，我们就会给它一个永久性的名称；此时这种机器已经介入我们的生活之中了。比方说飞机。一百多年前，飞机曾有多种名字，如空气脚踏车、空气螺旋机、空气驱动器、飞鸟机、飞行机。莱特兄弟试飞成功后的10年，这些词几乎消亡。现在我们已经达成一致，只用两个词 *airplane* 和 *aircraft* 来命名飞机。

我小时候认识的人家里都没有冰箱，那时人们只有一个冰盒（icebox）：一个盒子上装一个隔架，每隔几天就换上一块20千克重的冰

块。我现在还是记不住冰箱这个词，老用冰盒这个词。每次这么说，都会让儿子们觉得不舒服。20世纪30年代人们亦用不同的词语来称呼这个新玩意儿：佛瑞基得（Frigidaire），电冰盒（electric icebox），当然也用电冰箱（refrigerator）这个词。

新装置最初命名时，人们反复使用发动机和机器这样的字



上：兰利式航空器

中：汉森式航空器

下：德依式蒸汽航空器



眼，这两词源于希腊语和拉丁语，泛指有一定功能的装置。蒸汽机曾被叫做火力发动机（fire engine），现在这个东西的名称中仍然保留了引擎（engine）这个词^①。我们仍然使用缝纫机这一名词，但却没有人再用光学机（optical engine）来称呼望远镜了（17世纪曾有这一名称）。我对巴比奇（Babbage）为他的第一台在18世纪早期就可用于程序设计的计算机所起的名字情有独钟。他称计算机为分析机（analytical engine），有人把用于检查程序的软件称做解析机（parsing engine），这一名称远远早于目前计算机所使用的搜索引擎（search engine）这一术语。

外来词往往暂时伴随外来的新玩意儿存在，但它们终究会被淘汰。飞机设计师最终使用英语的 tail、body、pod 这些词表示机尾、机身、吊舱，而不是它们原来的法语词汇 empennage、fuselage、nacelle；德语中飞机一词现在使用的是 zeppelin 取代了原来的法语 dirigible 一词。而我们却越来越习惯用飞船（airship）这个词语，只有当我们要多挣几个钱时，才会用法语词汇把写字台叫做 *escritoire*^②。我们为某一新问世的机器第一次命名时，常常会将其与旧的物体联系起来。飞船曾被称为空气机车，火车乘客仍然坐在马车车厢内（coach 原义：马车车厢）；飞机乘客得付车厢费（coach fares）。

最后，我们不妨做一个游戏：在未来的10年，追踪与计算机有关的词语的来龙去脉，留意一下诸如显示屏、阴极射线管、监控器、互联网、网络这些词语，想一下我们在遣词造句时潜意识中是如何选择微机、个人计算机、工作站抑或机器这几个词语的，同时也体会一下这些系统是怎样逐渐具有人类处境的种种隐喻意义的。当我们最终确定使用某一名称时，我们所做的无非意

① ② 由于历史原因，英语中词源为法语的词汇一般是一组同义词中的上义词，用于正式文体。——译者注



意味着我们已经把这个机器完全纳入我们的生活之中。

直到现在，我都在用非常客观的口吻谈论着技术这个话题，将其视为一面反射人类本质的镜子。然而，技术与人的心灵是如此的贴近，我很难做到那么客观。镜子对人类本质的反映往往不是我们在短期内所能觉察得到的，因此，为了更好地表达这一层意思，我再提一个问题：什么是人类最古老的技术？

人类社会发展了很长一段时间后，才产生了农业技术。在那之前，定居下来的牧民和群居的人们已经学会了制造刀子、长矛，也学会做衣服和帐篷，而在他们之前的游牧人也能做到这一点。再进一步比较，考古发现表明绘画、音乐是属于石器时期的技术，旧石器时代早期美丽的山洞壁画一直被保留到了今天——至少有 25000 年的历史了。除此之外，考古还发现了拨浪鼓、鼓、笛子和贝壳号角的痕迹。这些东西甚至在圣经——希伯来部落的编年史中亦有记载。希伯来人把制造乐器的技术归为他们所拥有的三种特殊技艺之一。这一技艺是在亚当的第七代和第八代后裔中兴起的。

音乐与我们所能追溯到的任何技术一样古老。无独有偶，充足的证据表明，鲸鱼远在人类之前就已经创造了复式声乐——动物本能先于技术而出现，因此，我认为音乐是最古老的技术。

在几乎没有任何技术的社会中，人们也能创造复杂的音乐。歌曲、舞蹈、乐器是古代澳洲土著人文化的核心。因此，音乐既是最易懂的技术，同时也是最难以捉摸的艺术。不论在什么时代、什么社会，音乐都不会只是一种简单的娱乐活动，它的复杂程度绝不亚于任何其他的技术。但是，人们从自身的经验和考古发现中获得同样的知识。经验告诉人们，音乐是属于很原始的东西而音乐绝不是单纯的娱乐。莎士比亚的《威尼斯商人》一剧中的杰西卡（Jessica）对罗伦佐（Lorenzo）说：每次听到甜美的音乐时，心灵深处总是很难体验到点滴的欣慰，罗伦佐解释说——



那是因为你的神经太紧张

.....

心中没有音乐的人

.....

只配做叛徒.....

他的意思很明白，如果我们不能对艺术、音乐产生共鸣，那么，我们的内心必然是缺了点儿什么，因此就只配做叛徒。音乐使我们更好地了解人类，这一点可与任何技术相媲美。音乐的功能在于：它把真实社会解析成我们可以接受的符号并将之呈现在我们面前，也就是说，音乐将我们的所见所闻转变成戏剧——转换成一种更清晰的东西。诗人华莱士·史蒂文斯（Wallace Stevens）写道：

人说：“你有一把蓝色的吉他，
你的音乐，远远胜过这个世界本身。”
那人答道：“原来的世界，
为这把蓝吉他而改变。”^[5]

蓝色的吉他——音乐，或其他的艺术——确确实实在改变着现实，把人类内心的困惑变成了一种可以透视的形象。音乐时常会让我们伤心痛苦，音乐在抚慰我们的同时也扰乱了我们原来的心境，但是却满足了人类的基本需求。所以，人类创造的艺术，尤其是音乐的技术，领先于其他的技术，这绝非偶然。

人的主观因素总是在支配着人类的行动，从而使技术更好地服务于人类——更好地满足人们最隐蔽的、而不是最明显的需要。技术的不可预见性的根源在于，我们的预测受制于那些显性因素。现在，让我们回到1800年，试想在当时预测迁移到密西西比河西部之后美国文化的实质。我想，其结果恐怕很难与事实相近。



实际上，美国西部开发的显著的特征是那些以满足人们日常生活需要为目的的技术得到了长足的发展，小木屋、风车、扑克牌、重型马拉车辆、威士忌、大口袋以及（或许还应该再添加一项不吉祥的东西）绞刑，这些都是我们耳熟能详的东西。

历史学家林·怀特（Lynn White）点明了这些技术中的最突出的特征，那就是它们与中世纪有密切联系。当时的小木屋形状沿袭了中世纪的木屋，而不是早期罗马人和后来欧洲人采用的建筑技术，罗马及以后的欧洲人喝啤酒、葡萄酒，而威士忌则是中世纪的首选，罗马人及18世纪的猎人用骰子，但你只能在中世纪的沙龙中看到扑克，类似的比较足以罗列出一整页，罗马人把人钉在十字架上来执法，而后来的欧洲人采用的却是砍头或枪击方式，但是绞刑——把人吊起来的处罚则是中世纪的惩罚标准。

当你知道尽管木屋更合理些，可那些新英格兰的中产阶级却摒弃了新的工艺，试着建造那种用木板和房梁构成的房屋——那些业已成为历史陈迹的东西时，现代与中世纪这两条平行线就变得愈发扑朔迷离起来。

原来，定居在美国西部的移民，大多来自欧洲社会的底层，他们是些远离欧洲城市喧嚣的农民和手工艺者，因此，他们所持有的技术更接近于中世纪。尽管他们对当时流行于欧洲的新兴建筑风格略有怀旧之情，但是，他们还是觉得在这片未开发的美国西部，他们同样可以使用已有的粗放的技术大刀阔斧地一展宏图。^[6]

怀特的见解使许多历史学家感到困惑，一是怀特没有浓墨重彩地论述开发美国西部初期的技术近似于中世纪的技术的原因，二是人们也不乐于追究事实的真相。不管怎么说，两者之间的动态相似性是显而易见的。我们的技术在11~15世纪是直接、实用和富有创造力的。这当然也深深影响了美国的新移民。与中世纪相似，美国西部的社会很开明，允许各种变更，显现多元化风

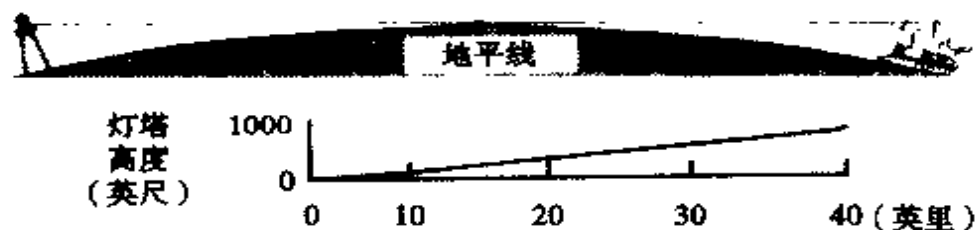


格，这是因为定居在这块土地上的是一些自由的爱好发明创造的人，他们懂得应该怎样调整自己，容纳并努力适应新生事物带给他们的疑虑，一线光明穿透偏见的阴霾，结出的果实让人始料不及。

某些技术一旦进入我们的生活，就会顽强地生存下去，即使在面临被淘汰出局时，仍然会垂死挣扎，不甘隐退。比如，作为偶像之一的美国西部的风车，在电泵出现后的很长时间内，它都不肯让位；扑克牌一直流传至今；牛仔服成为一种时尚，在我们早已忘却它的初衷的今天，仍旧时髦。

货运火车尾部的守望车就是一个典型的例子。原来守望车是使车长能够察看整列火车的瞭望设备，其作用虽然早已为电子安全系统所取代，可是到了 1980 年由于该守望车已成为美国铁路运输结构的一部分，铁路公司仍为是否要取缔这节车厢而争论不休。

灯塔也在重复着同样的故事。茫茫大海中的灯塔在人们心目中所荡起的浪漫之情足以和火车守望车相提并论。夜色中，灯塔为航行在大海中的船只标明所有的危险物，如明礁暗石、河流入海口和海边的陆地。灯塔的首要因素是塔身高度，4.5 米高时，只服务于周边 7 公里的过往船只，当塔身高度为 36 米时，远在 20 公里之外的地方都能见到它的灯光。



灯塔高度与可视距离的关系（1英尺约合 0.3048 米，下同）

这就是亚历山大灯塔为什么那么高大的原因，作为古代七大



奇观之一，亚历山大灯塔上巨大的火焰在高达 120 米的上空熊熊燃烧。像亚历山大灯塔一样，几乎所有的灯塔都是矗立在岸边或悬崖边的石头建筑，以木头、橄榄油及后来的蜡烛、煤炭做燃料，那时的技术为静态的技术。1611 年旋转式规律性放光的灯塔出现；1763 年以后，人们又在灯后面安了一种反光装置，以增强它的亮度；而第一批反光镜的介入，才只不过两个世纪。

1698 年之后，灯塔建造的技术又有了新的发展，它是英国要为过往于普利茅斯西南方 22 公里处的艾迪斯通礁石区的船只提供安全保障的直接结果，你可以从这首民歌中解读那座灯塔的历史：

哦，我爹那时是艾迪斯通灯塔的守护人，
清明朗静的月夜他和美人鱼睡了一觉；
结下了三颗果实，
海豚，西洋鲷，还有我。

建造艾迪斯通灯塔是件十分棘手的事情，从而，也大大提高了技术的整体水平。这座灯塔必须耸立在海平线上波涛时刻冲击的地方。第一座灯塔以木头建成，只用了 5 年，接下来由铁和木头混建的灯塔于竣工后的第 47 年毁于一场大火。英国伟大的工程师约翰·史密顿（John Smeaton）于 1759 年设计并负责建造了第三座灯塔，采用的是一种连锁石结构的技术，这座灯塔直到 1881 年才由现在的艾迪斯通灯塔取而代之。

然而，现代的雷达、声纳和电子浮标技术已经宣告了灯塔的末日。我们生活的世界里，既没有货运火车的守望车厢，也没有饱经风霜与磨难的灯塔呼唤疲惫的水手回家。然而每时每刻给人以警示的灯塔，像其他古老的技术一样（我想，所有新的技术亦会如此）在向我们述说着这样一个事实：好的技术的发明源于满足人类的情感需求。这就是为什么我们说除了单纯实用的功能



外，技术还有另外的作用——展示人类内心的世界。任何一项好的技术都同时具有象征意义和实用功能，因此在它的功能被取代时，人们在情感上仍然感到难以割舍、久久不肯和过去告别。

有时，这种隐含的喻义会超越技术的功能意义，这种事情仍然发生在今天。遗憾的是，当这一切发生时，我们却没有足够的分辨能力，察觉不到这种变化。为此，让我们回到20世纪30年代，那时，人们常用的口头禅是现代这个词语，如果说我还记得小时候就知道的一个词的话，那就是自己是生活在现代世界里。在那个世界，垂直线条的美术装饰让位于水平方向的流线，这一趋势从20世纪30年代一直延续到50年代。那年头，流线型无处不在：道格拉斯 DC-3 型飞机把流线体运用到客机的制造，克里斯勒气流研究所、林肯西风公司把它用于汽车的生产，甚至连我骑的第一辆自行车统统都是流线型的。

20世纪初，德国流体学专家就让人们了解到流线型物体减少空气阻力的原理，当物体做快速运动时，流线当然也会起作用。可是我的自行车以及1930年出现的微型炉具，都没有达到流线的要求。但是盥洗室和拖拉机也被设计成流线型的，流线被赋予某种寓意，是我们生活的那个勇敢时代的新的象征。

20世纪30年代初，设计流派五花八门，竞争激烈。最终倚仗纳粹党的淫威，德国的鲍豪斯流派独占鳌头得以广泛流传，艺术装饰濒于死亡：不论是古典主义的殖民地建筑，还是柯勃颜 (Le Corbusier)，抑或是其他具有国际风格的建筑全部停滞不前。

然而，美国在其工业化的进程中首先打破僵局，摆脱了鲍豪斯风格的羁绊。这种解脱迎合了我们的童心，让孩子的我对此喜爱有加。流线虽然算不上是什么充满伟大人文精神的设计流派，然而，从某种意义而言，它却不失为一种促销策略，使得我们的视线从令人沮丧的经济大萧条中转向潜在的消费市场，向人们预示了萧条很快就会过去这样的前景。



纳粹和布尔什维克竞相把流线作为宣传的工具，而美国工业却利用流线，让我们变成了消费者，同时也在向我们暗示着某种技术的民主，并让这种暗示一直延续到 20 世纪 50 年代，最终，它由于成了一种多余的装饰——汽车尾部凸起装饰和镀铬合金的缓冲器——让人觉得不论从哪种审美观点看，那样的汽车都非常滑稽可笑。^[7]

我打小时候起，就从心底里爱上了飞机，它那了不起的空气流体功能和它美观的外形触动了我内心深处的某种东西，它那优美的弧线好像是赋予风的一个操纵杆，让 50 吨重的庞然大物直插云霄——那可真是太神奇了。

圣保罗说：“我小时候的想法完全是幼稚天真的。”很可能在我们现在这个社会，流线的确象征着某种幼稚，并且和其他幼稚的东西一样落得个被淘汰出局的结果。尽管如此，每当我回顾过去，眼前就会浮现出象征那个时代的运动和速度的东西——轻盈的 DC-3 型飞机，就会联想起 1949 年的斯达德倍克式飞机，哪怕只是想到它那巨大的尾翼，我都会暗自高兴。当年的那份幼稚天真，仍然驻存于我的体内。

也许镜子的最大的潜在危险源于机器与人类的预测的不谋而合。康奈尔大学的凯尼斯·特伦斯（Kenneth Torrance）于 1988 年在一次非正式讲话中，戏剧化地渲染了这一主题。开始，他用计算机制作的图形创造了一些简单的场景——一个房间内摆着一张婴儿床，桌子上面放了一个水罐。为给这些场景照明，他令计算机去计算他为达到光反射和光弥散的效果而写出的一些复杂的方程式，计算直到这一场景看上去完全像被烛光或阳光照耀时才结束。

那个时候，我已不止一次地见到过计算机所生成的电影图像，可这一次，他的演示却要清晰逼真得多，阴影部分的处理无可挑剔。这些图像具有荷兰绘画大师的作品所具有的美丽和精致。看完特伦斯的演示后，我心中的迷惘之情油然而生，我说不



清自己所见到的究竟是一幅画，还是一件实物本身。这东西不再仅仅是艺术创造，它还蕴含着自然的法则，计算机只是在执行自然的法则罢了。从这种意义上讲，特伦斯教会计算机如何仿造自然的真实。

当然，要把现实解析成计算机语言，可不是一件轻而易举的事情。但是，这么做的结果，往往不只是让人惊诧，还会令人不知所云。学流体流动学的人，始终在苦苦探寻着，希望计算机帮助他们了解流体在机翼、管道以及涡轮机叶片上的运动方式，可是，当计算机在显示器上复制出缓慢流动的水的漩涡及空气的涡流时，我们又常常会不知所措，说不清自己所看到的究竟是某一真实的物质，还是某种精神错乱后臆想出来的东西。

如今，计算机绘图技术已得到长足的发展。电影荧屏所显示的机器绘制的影像艺术或计算机监视器上所显示的影像艺术已达到足以以假乱真的地步，现在的科学家在计算机上所做的实验比在实验室的试验更精确。但是，有些计算机中做的模型则具有很大的欺骗性，那些看似精确的东西往往遗漏了许多在实验室实际操作时所显现的一些特征。无管怎么说，随着计算机功能的不断增加，我们作为计算机的使用者，在与计算机进行交谈时，往往是使用我们面对真实世界时人类的自然的语言。我们说“通过做实验获取数据”，然而我们却是在计算机上，而不是在实验室中观察这一过程，这就使得我们在说“做了许多的实验”的同时，忽视了人机之别，将实验室与计算机数据两者混淆，很有可能会把我们引入歧途。然而，计算机却在人类的决策中起着越来越大的作用。

我们无法肯定到底是谁创造了这幅我们正在观赏的画，是艺术家，是照相机还是计算机？计算机可以重观一场钢琴演奏会的恢弘音响效果，使我像个傻瓜一样自以为听到的音乐是从真人现场演奏的真实器乐中传出来的。当计算机与我们的感觉器官乃至



智力对话时，麻烦也就纷至沓来。因为，我们很难找到真实世界与计算机所虚拟的世界之间的分水岭。

机器折射出我们的生活，我们的生活又在我们所制造的机器中再现，我们已经见到人是怎样地为机器设备所改变，机器延伸了人类的触角，把我们带到一个人类足迹所不能企及的地方，机器放大了我们的声音，甚至赋予我们以翅膀。

我说机器延伸了我们的肢体，是因为事实告诉人们，机器的确是在强有力地推动着人类的发展。然而，无论是取代了人们双腿的汽车，还是解放了我们肩背重负的铲车，都不能与计算机的作用相提并论，计算机与人们大脑平起平坐，成为大脑的合作伙伴。虽然人类与机器的关系从来都是亲密的，而计算机尤其为甚，对于这一点，近些年来我是体会甚深，甘拜下风。

从1983年到1988年，我的所有的文字工作都是在我的第一台文字处理器上完成的——论文、讲稿、信函，以及两部书稿，总共有一百多万文字，此外还有几经修改的草稿。如果可能的话，你不妨想一下在计算机和我相处了5年之后，我与计算机的关系会是怎样的密切。结论当然是它已成为我的生活中不可或缺的一部分。计算机禁锢了我的思想，同时也在不停地把一些过时的思想再次塞给我。

无可奈何之中，我只好买了一台新电脑。可一旦买了之后，这台新机器又开始勤勤恳恳地对我进行着改造，并且它的记忆功能是那台旧机器的10倍，存储量是原来那台旧机器的200倍。显示器是彩色的，思维瞬息万变，可以和我下棋、玩奥赛罗游戏，还可以同时处理几个文稿、修正我的拼写错误、为我写的文稿加索引、管理文档和地址，甚至还能为我选择词汇，使我能够更准确地表达思想。尽管这台电脑在被我淘汰之时尚有许多功能尚未启动，我还是用第三台机器把它取代，此时的新电脑的功能已是原来的10倍，甚至100倍了。



现在，我总算看透了电脑的小把戏了，哪怕我出了一点儿错，它都会摆出一副无知的样子，停止和我对话，只有当我说出正确的话语时，它才会向我透露一点藏在它内部的秘密。每次面对新的一台机器，我都得花一个月的时间与之较量一番，计算机也会时时扔给我一根骨头，以示对我的鼓励。

大约一个月之后，这一过渡自然完成，可是计算仍然不能像一双旧鞋那么跟脚，仍然在转化之中，并且在默默地重新塑造着我。也正是在这一新老交替之中，我们渐渐学会了感知计算机在我们日常生活中的威力。不知道你是否还记得自己拥有的第一辆自行车、第一辆汽车时的情景？想一想，难道你不曾感到自行车仿佛是一条飞毯，不可逆转地改变了你吗？

人们常问“这一过渡到底是福还是祸？”问题是这种思维方式于事无补，因为制造机器是我们生命中的不可分割的一部分，在我们自己制造的机器中，折射出了人类自身的秉性，它势不可挡，实为历史的必然。人类是机器的一面镜子，问题的关键不在于我们是不是应该让机器改造人类，而是在于在这一过程中人类得到的是升华还是落伍。这一主题贯穿本书的每一个章节，因为我要讲的是技术以及技术在我们生活中的地位的故事。

[1]在 W. Stevens 所著的《气候干旱可为农业发明之动因》(*Dry Climate May Have Forced Invention of Agriculture*)一文中，W. Stevens 阐述了导致农业发明众多事件的先后顺序。该文 1991 年 4 月 2 日发表在 *New York Times* B 版(文章是根据 Frank Hole 和 Joy McCriston 的研究结果写成的)。Joseph Bronowski 在《人的升华》(*The Ascent of Man*, Boston: Little, Brown and Co., 1973)的第 2 章中以翔实的数据充分讨论了谷壳草的基因突变问题。



[2]下面简列文中提到的丈量单位之外的其他类似的人类用于测量的单位。它们可能会使你联想起其他单位。

英寸(inch)	拇指长度
英尺(foot)	脚的长度
码/米(yard/meter)	手臂伸直后从鼻尖到指尖点的距离
夸脱(quart)	一口所能容得下的液体量
分贝(decibel)	人耳能分辨的最小声音变化度
BTU(英国热量单位)	人们在咖啡杯获得的最小能量
年/月/日(year, month, day)	星转斗移自然现象发生所需要的时间
月(month)	月经
秒,一会儿,片刻(second)	人身体做出反应所需时间量
每小时英里(mile per hour)	人运动时的缓慢速度,人的位置移动时间

我在《热传递教程》(*A Heat Transfer Textbook*, 2nd ed, Englewood cliffs, N. J; Prentice-Hall, Inc., 1987)第4章中大量描述了类似的有关丈量单位的事情。

[3]P. Scott 所著的《巨人的肩膀》(*The Shoulders of Giants*, Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co., 1995)第4章详细地描述了 George Caley 所做的研究工作。

[4]Samurai 之剑和典礼的故事可参见 J. Bronowski 的《人的升华》(*The Ascent of Man*)第4章“隐藏的结构”(The Hidden Structure)。这个故事被拍成电影,制成录像带。关于日本刀剑的详细描述可参阅 K. Sato 著, Joe Earl 译的《日本刀剑》(*The Japanese Sword*, Tokyo: Kodansha International Ltd. and Shibundo, 1983)(英文本)。

[5]《蓝色吉他者》(*The Man With the Blue Guitar*)出自《华莱士·史蒂文斯诗歌选集》(*The Collected Poems of Wallace Stevens*, New York: Albert A. Knopf, 1982)。

[6]L. White Jr., 《中世纪的宗教与技术》(*Medieval Religion and Technology*, Berkeley: University of California Press, 1978, 105~120)。



[7]有关流线运动的更详细资料,请参见 C. K. Hyde 在密歇根州·狄尔堡·亨利·福特博览会上的解说词:流线的美国(*Technology and Culture*, 29, 1 [1988]: 123-129)。



第2章 上帝：造物大师

上帝造物到第8天时，亚当醒来了，亚当想试试新获得的创造力，于是，在伊甸园东侧的一个荒芜的禁地，他很威风地抖了一下身上刚刚长出的肌肉，得意地笑了。“那个花园不算什么，”他格格笑道，“我们完全可以不要它。我要再造一个花园，让它相形见绌。”

事实上，造物的第8天在时间长河中可谓姗姗来迟。亚当在园内狩猎、采果已有400万年了。然而，就在某一天——大约在3万年前的某一天——他获得了一种复杂的、能够自我强化的技术知识，从此以后，在这种力量的驱动下，他逐渐远离伊甸园。

我们人类任性、傲慢，喜欢自寻烦恼。人性的这些特点是我们很久都未能摆脱的。也许11世纪基督教教堂最伟大的成就是在人类不知足的内心营造了片刻的宁静。虽然世界上所有伟大的一元论宗教都把上帝尊为世界的创造者，但是中世纪的基督教教堂对此却有过之而无不及。它断言上帝把自己化身为木匠——一个工匠、一位与人类身体比例相当的创造者。如果我们被塑造成上帝的形象，那么上帝显然会被尊为造物大师。

14世纪一位佚名的盎格鲁撒克逊修士，曾淋漓尽致地表达了中世纪的教会和亚当摘取的智慧果之间所形成的虚假的宁静。他唱道：



亚当受束缚，束缚在桎梏中。
四千个冬日，他认为不太长。
一切都因智慧果，因他摘采的智慧果，
教会执事发现后，记在了书中。

如果智慧果没有摘取，
也就不会有我们的圣母，成为神圣的女王。
为摘取智慧果的时刻祈福，
因此我们放声高唱，
承蒙天意！

在修道士的意识中，摘取象征技术知识的智慧之果是延长揭开整个圣经故事帷幕时间的第一步，这至少在他的心里留下圣母玛丽亚的慰藉。因此他一边唱着“承蒙天意”，一边拿起指南针和直角尺去干活了。不足为奇，中世纪基督教信仰是支持和鼓励造物的。

西方技术的真正出现可以从中世纪教会一直追溯到工业革命时期。当今，技术和独立和客观的科学糅合在一起，从技术的角度来看，这一关键的事实很容易被人忘却。科学的客观独立的理想，只是在最近 300 年间才得以实现，进而误导了我们，使我们忽略了技术与人们内心深处的驱动力之间的关系。

但这种独立性不仅尚未成熟，而且也是现代工程设计人员开始有所质疑之处。现在的设计者在创造过程中有意识地去抨击自己的主观想法，他们越来越强烈地意识到：发明是受大脑深处某种力量的驱动而产生的。历史学家也开始逐渐认识到中世纪人们在欧洲这块土壤里所播种的精神种子已经成长为科技乐园。

20 世纪晚叶，人们至多也不过是从宗教出发，把科学技术看成是中立的东西，最糟糕的情况下则将科学描述为自己的对手。当新兴的实验性科学和《圣经》的记载发生矛盾时，这种对抗便



愈演愈烈。而 20 世纪最伟大的科学家阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein)，仅在凝视着他心中最抽象意义上的上帝时，才说：“主是敏锐的。”

现代物理学在观察问题上，已经证实要比现代神学更加细微，虽然两者都渊源于遥远的维多利亚时代后期的黑白分明式的思维方式。它们早已停止了战线的划分。我们生活在技术与科学的剥离还足以解决我们所面临的问题的世界。这是一个极端严谨的数学开始把数学家冲击得毫无建树的世界；这是一个科学家承认他们最基本的原则就是他们自己笃信的原则的世界。

如果说技术和人们思想的追求是主观的，那么它们仍可以继续保持不受拘束。但按照中世纪观点，这种无拘无束可以受制于无所不能的上帝。历史学家肯尼思·克拉克 (Kenneth Clark) 解读了写于 1144 年有关卡尔特大教堂建造的令人感动的描述。这位 12 世纪的观察家写道：

那些塔形建筑物就像受了魔法似的在不断上升。虔诚的教徒们将自己套到了正在运送石块的马车上，把它们从采石场拖向教堂。整个法国洋溢在热情中。男人和妇女从远方为工匠们带来了丰盛的食品——酒、油和玉米。在他们中间有爵士和贵妇，和其他人一起拉着马车。整个场面体现出完美的教规和一种最深沉的宁静。所有人均气息相通，每一个人都能宽恕自己的敌人。^[1]

但在修建大教堂之前，在中世纪其他奇迹般的发明迅猛出现之前，另一名盎格鲁撒克逊修道士给我们上了影响至深的一课——被塑造成造物大师的形象对他来说意味着什么。12 世纪马尔麦斯伯雷的著名的英国史学家威廉记录下了这一事件。该事就发生在公元 1000 年后。他在谈到威尔特郡修道院的修道士埃尔默时说：



埃尔默 (Elmer) ……是当时学识渊博的人，可他在青年时代喜欢冒险，有过大胆的举动。我几乎不知道他用了什么方法、把翅膀捆在自己的手脚上，这样他把寓言误为现实，以为可以像代达罗斯一样，借风的助力飞到塔尖上，他约飞行了 1 弗隆 (1/*! 8 英里或 201 米) 的距离。由于他自己意识到的鲁莽，还由于风造成的剧烈摇摆和产生的气流旋涡，他掉了下米，摔断了双腿，从此未愈，成为跛脚。谈起失败的原因，他常常说是他忘记在背上装一条尾巴。^[2]

换句话说，这个鲁莽的修道士实际上取得了不小的成功，滑翔距离超过了两个足球场。当埃尔默跨越千年时空告诉我们，他掉下来了的真正原因，是因为他没有在滑翔飞行时，在背上装上用来保持飞行横向稳定的“尾巴”时，这个故事的可信度也随之增加。

人类翱翔天空的梦想，只能在我们这一时代最终实现。这种说法一直伴随着我们的成长过程。然而不仅飞行梦而且飞行事实萦绕着我们达数千年之久。历史上，先辈们的飞行给埃尔默以榜样。某些粗略的记载清楚地表明：早在公元 875 年，一个住在西班牙科多巴城，名叫伊本·费尔南斯 (Ibn Firnas) 的摩尔人发明家曾进行了一次成功滑翔的飞行。他也同样栽了下来，同时也提到了他的失败是由于没有加装尾翼而造成的。费尔南斯试图飞行的故事我敢肯定埃尔默也听说过。糟糕的是埃尔默没有听取有关尾翼那部分意见！

这些大胆又富有想像力的滑翔机的原型是在孕育发明创造的宗教和学术氛围中诞生的。伊本·费尔南斯生活在伊斯兰科学和艺术发展的黄金时期的鼎盛年代，而埃尔默则是本笃会教团体的一员，其教的教义就是上帝是造物大师。

马尔麦斯伯雷的威廉，也是本笃会教修道士，毫无疑问，他



认识其他一些修道士，他们小时候曾和老埃尔默交谈过。威廉在写作中流露出对他们的赞美之情，赞赏他尝试利用自然手段征服上帝的世界这一大胆举动。然而本笃会教此时与埃尔默时代相比已大不相同了。

公元1000年，严格执行本笃会教教规的黑衣修道士对学习专业知识和发展科技起到了推动作用。但这辉煌的时代渐趋暗淡。因此，西多会教规，作为本笃会教教规的一种改革形式，在1098年确立。圣·伯纳德（Saint Bernard）在14年后掌管西多会教，他修改教规，从而使西多会教向欧洲文明的方向转变。西多会教虽然仍属本笃会教的一支，但此派教规严格，避开世俗应酬，居住在与世隔绝的地方。他们在圣·伯纳德的带领下，通过看似矛盾的经济策略，用当时的最高技术创造了独立的经济。

在刚刚过去的几个世纪中，水轮通过提供便利、廉价的动力源推动了西欧变革。水轮已取代了艰苦人力，能帮助人们碾磨粮食、漂洗羊毛、锯开木料，这些活曾经是大多数人终生的繁重体力劳动。而西多会教修道士却最终向我们展示了水轮在生活中的实用范围。

12世纪中叶，此教派利用水力的水平已经达到初具水力发电和农业技术的雏形。典型的西多会教修道院横跨在经运河流入的人造小溪上。溪水流经修道院的店铺、居住区、餐厅，为磨面、伐水、锻造和粉碎油橄榄提供动力。这一溪水也提供自来水以满足烧饭、洗涤和沐浴的需要，最后用来排污处理。这些修道院实际上是当时世界上布局最好的工厂。它们用途广泛，职能多样。当然修道院代表了一种相当奇特的与世隔绝的生活方式。但那不是我们这里所要讨论的。

我们常被误导，认为这段历史时期是黑暗时代。那些给我们留下有关中世纪历史政治记录的人通常远离造物世界。有关国王的文字记载多提及军队和杀戮，却很少提到那些真正改变历史的



技师们。而西多会教的技师们的贡献远远不只是发展了当时的技术。在 12~13 世纪，他们把这些技术推广到欧洲。到 13 世纪中叶，他们中有 742 名传教士成为彻底改变欧洲中世纪生活的主力军。

到公元 1200 年，另一项产生动力的技术出现了，该技术和水轮共分天下。中世纪的风车带有迎风的推动叶片，它很可能是由另一种迥然不同的阿拉伯风车改造而来的。阿拉伯风车的扇叶垂直装在水塔内侧，让风通过垂直槽进入内部。当十字军到达时，阿拉伯人建造风车的历史已有几百年了。

12 世纪末，在北欧突然出现了性能更好的欧洲风车，其动力是中世纪水车动力的 2 倍（相当于 5~6 马力与 2~3 马力之比）。风车虽没有取代水车，但在不同的环境中，风车和水车相得益彰。

从这点来看，尽管两者都用于碾磨谷物，中世纪风车或水车却有着两个根本不同的动力来源。进而根据我们的标准，它们给我们留下了既具迷惑力而又难以解答的问题：在中世纪的人们的心里是什么给磨坊提供了动力？它们从风里或水里汲取了什么看不见的动力来碾磨谷物？即使我们知道了空气、动能和力的平衡，风仍能引起我们无尽的遐想。那时的人们没有一点这样的知识，他们从风车上看到了什么呢？

一个小小的文字游戏能使人们在惊讶之余而产生一种顿悟。古代语言都使用同一个词来表示“风”、“呼吸”和“灵魂”。在梵文里这个词是 atman，拉丁文里可以用 spiritus 或 anima 两个词来表示。希伯来语用 rauch 表示。在希腊语中的对应词是 pneuma。rauch 则出现在德语中，意思是“烟”。而且我们可以看到 pneuma 还出现在与空气有关的词语里，例如 pneumatic（空气的，气体的）。俄语中的 duh 意为“灵魂”，还有许多与风有关的同源词，例如 duhovya instrumenti 意思是“管乐器”。



这之间的联系是：风和灵魂都是上帝的呼吸。例如《创世纪》就以上帝把灵魂吹入亚当体内而开始。难怪中世纪技师发现风力推动风车这一现象。这种动力源泉是神秘的。顺便说一句，一些历史学家断定风车本身源自古佛教的祈祷时用的轮回，它通过像帆一样的螺旋桨带动旋转。今天，我们可以用科技术语来描述风，但我们没有失去其原有的隐含的能量。19世纪浪漫主义诗人波西·比希·雪莱在《西风颂》中对着西风大声呼喊：

你是心灵的狂暴，
我的灵魂！你主宰着我，一个暴虐的家伙！
把我麻木的思想逐于宇宙中，
像横扫枯叶一般，促发新的生命。

他的风不仅是灵魂，更是重生的灵魂，是一个净化灵魂的新扫帚——当我们相互告诉对方即使是“使人人遭殃的风才是恶风”^①时，我们选用了相同的意境。

对于中世纪的技师们来说，对机械动力最合理的解释就是机械动力是上帝的呼吸。于是，到13世纪中叶，水力和风力的推广使用使人们对这种动力情有独钟，欣喜若狂。人均效率大致增加了4倍，因此，人们看到它能为己用时，他们就愈发想充分利用。其解决办法出现在13世纪中期应该是不足为奇的。人们寻找可以驾驭世界的一种方法，在拉丁文中它被称做 *perpetua mobile*——永恒的运动。

当你我谈论永动机时，我们通常是指不用多消耗另一种形式的能量就能产生动力的机器。例如，发电机能产生电能而不用多耗费煤的能量。从1850年以来我们一直认同热力学定律，其原理告诉我们像这样的机器是不可能存在的。

① “塞翁失马”之意。——译者

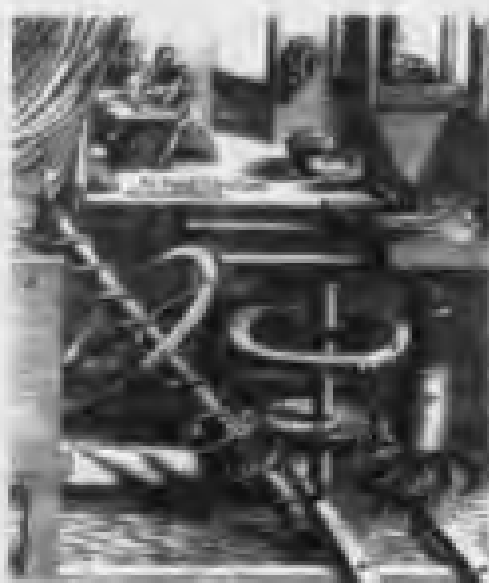


但从渴望获得更多能量的中世纪技师的角度去思考片刻吧！多年来，我们都在利用风和水的运动。我们一直关注水车的不停旋转。我们一直在观察风车转一下，停一会儿，然后再转。我们的眼睛告诉我们永恒的运动很明显是可能的，因为上帝总是在呼吸。

后来，到公元1150年，印度数学家巴斯卡罗（Bhaskara）提出一种能连续产生动力的机器。其结构相当简单——就是一个边缘装有了重块的轮子。因此它以半径为中心，一侧向外摆，一侧往内摆。人们认为这种轮子由于处于失衡状态，从而会永远旋转下去。中世纪技师根本不知道能量守恒和角动量守恒。他们无法理解像这样的机器是注定要失败的这一事实。

偏心轮于1200年传到穆斯林教徒那里，1235年传到了法国。在随后的500年间，虽然它不能实现，可一个又一个的作家都向人们推荐这个设计精良的小装置，他们曾尝试造一个吗？他们当然做了。而这些机器总以惨败而告终。然而，在那些相信水动机是可能的人们看来，失败只意味着他们还没把重量的比例弄对。所有的机器都失败了，但那并没有使人们水动机失去信心。

直到17世纪，科学家才最终认识到水动机是不可能的。在18世纪，数学工程师才揭示偏心轮违背了能量守恒定律。在以后的几百年里，每一新揭示出的物理现象都会唤起人们新的希望。



17世纪后叶佛教徒制造的早期水动机，水作为磨房和阿基米德水泵提供源源不断的动力。摘自Becker的《新机器流派》一书



每一新发现的自然力驱使人们去寻找用它制造能量而不消耗能量的方法。对永动机的探索最终导致了这些奉献者们对静电、表面张力、电磁和流体静力有了更充分的认识。^[3]

永恒运动的研究因而成为一股强大的技术动力，即使在今天仍充满生机。有些人从物理学角度进行探索，尽管物理学认为永恒运动是不可能的；有些人只是寻求产生连续运动这种闻所未闻的方法——寻找新的方法探索上帝的呼吸。

由永恒运动产生的第一个研究成果是发明了能长久重复运动的机械钟。机械钟产生于大约公元3世纪（允许有小误差）。第一个在法国传播永恒运动的是建筑师威拉德·德·霍尼克特（Villard de Honnecourt）。他用偏心轮进行实验后，用不同的方法把永恒运动的研究主题进一步深化。他发明了一种指向太阳的装置，从东升起直至日落。这个装置是第一个由重力驱动的司行轮装置——其核心部件将成为机械钟的心脏（详见第5章）。类似于永恒运动的方式现在已从一种持续不变、完全可行的运动形式中得以实现。

机械钟令人想起它的对立物——沙漏。你认为沙漏有多少年的历史？2000年吗？4000年吗？其实，沙漏是和第一代机械钟几乎同时产生的，因此它仅有约700年的历史。

沙漏具有很明显的特点。从值得肯定的方面来说，它远远要比机械钟或是早期的水钟简单、经济得多；沙全部漏下去后再倒过来重新开始，没有比这种装置再简单的了，而且在使用时也没有损耗。有刻度的蜡烛，却会有消耗。一旦问题解决了，沙漏准确性也不错。不能只限于装一些暗褐色的沙子，还必须找到一种对湿度反应迟钝、能自由流动的物质。

从另一个角度看，沙漏是显示短时间的计时器。它特定的名称使人联想到要造一个计时超过1小时的沙漏是非常困难的，而且不能确定它们的刻度。沙子向下急速流动，落到下面时沙的边



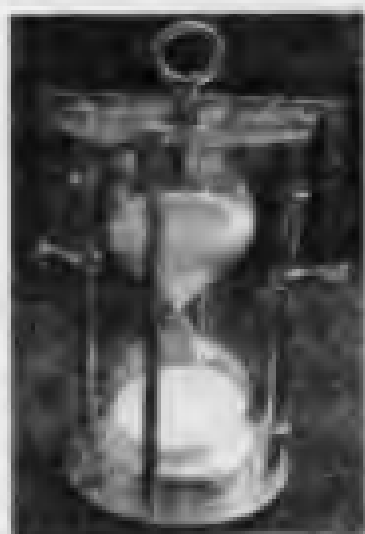
缘是不平的。如果你在玻璃上标出5分钟的时间间隔，每次你倒回去的沙子所显示的标记都不同。一个沙漏计时时间不超过1个小时。

沙漏只在分时间段的地方找到了自己的位置：如修道院里规定的祈祷时刻，或者船上值班时间。对航海来说，沙漏走时既短暂又不准确。只不过是穷人的时钟——一种属于普通人的计时器。^[4]

机械钟和沙漏在文艺复兴时期都扮演了重要的象征性的角色。带有旋转的齿轮、结构复杂的机械钟象征着天国或幸运轮回。但沙漏，因为沙子最终会反复流尽，比喻我们都必须面对的命运，象征着死亡。

两种技术，一个简单而另一个复杂，它们并驾齐驱——机械钟营造了一个时间上的永不停息的效果，沙漏将时间分割；机械钟说出了时间的永恒，而沙漏则显示出时间的终结；机械钟唤起事物极其美好的一面，而沙漏则预示着大地，人们所依托的基础。两种技术一阴一阳，沙漏那么简单，却又为什么问世如此之晚呢？也许是在等待自己的对立物——机械钟的出现吧。

时间又过了250年，此时，机械钟自问世以来已经发展为非常复杂的装置了。回过头来看，它为人们透视发明创造的本质提供了可靠的途径。随着机器的转动，机械表自己独有的特点随之浮现。你上完发条，然后坐下来观看它们履行自己的职责。一个设计精良的机械钟可以不停地走动，并显示着一天的时间，并不需要人工干预和自我修正。这的确就是为什么理想的钟——我们几乎从来没有造出的——成为尽善尽美的神的化身。



现代沙漏



到了16世纪中叶，机械钟不仅走时相当准确而且装饰得非常精美，一些机制小人儿会在整点时分出现，表演一个片断，为人们报时。特大的钟面显示了大小行星的移动。钟上装饰了玲珑精致的金、银、铜雕像

形状各异的巴洛克机械钟里的复杂的轮子和齿轮不仅成为上帝完美的化身，也是太阳系、宇宙乃至人类心灵的象征。人类的绝妙智慧和才能浓缩于钟表制造的表面装饰工艺中，因为钟利用了16世纪欧洲的想像力。所有这些相当奇怪，因为那时人们几乎不需要知道精确的时间。后来到18世纪钟表开始承担了科学仪器的角色——尤其是应用于天文导航。但在1600年对精度的研究基本上只属于锻炼自己的审美力和智力的把戏。

今天我们的思想是如此实际。你我很有理由回顾16世纪，同时谴责钟表制造存在的过分雕琢是对资源的滥用。但是，受制造精美钟表的刺激最终仪器制造质量达到了空前的水平。它激发并浓缩了哲学思考。最后这个看似微不足道的高技术的精度是17世纪科学革命的基石；是18世纪理性主义萌发的基石；从长远来看亦是引导19世纪工业革命和政治革命的基石。

16~17世纪的钟表制造是技术专家的工作。他们放飞了自我的想象和审美观点——这是一群自得其乐的技术专家。他们也确实改变了我们这个世界。毫无疑问，制造这些巴洛克式形状怪异的钟表的技工们为后来发生的巨大变迁上紧了发条。从这种意义上说，机械钟标志着中世纪的结束。这对于后来的世纪而言，远非是一个创举，而是未来世界的一个生灵（这一点，将在后面章节中论及）。

代表中世纪技术的并不是令人激动的有动感的机械钟，而是静态的哥特式大教堂。关于哥特式大教堂要谈得详细些还真不容易。它们使气势恢弘和精巧的布局以及令人难以置信的精工细作水乳交融。例如，斯特拉斯堡大教堂的塔尖几乎和华盛顿纪念碑



一样高。哥特式建筑突然出现在 12 世纪，进而不断演变了 250 年。然而到了 14 世纪末，它的发展却戛然而止。

创造这种艺术的人似乎没有受过正式教育。据估计只有大约 40% 的泥水匠师傅只能在公文



鲁昂大教堂

上签名。他们大概对形式几何学一无所知，因此他们不可能进行计算。全部过程中，最令人吃惊的是他们建造时，甚至连草图都没有。中世纪大教堂的建造者在学徒期间学到了这种经验艺术。（或许我们是否应该称它为经验科学？）师傅在处理问题时随心所欲，驾轻就熟。他们中有很多人做事的诀窍留有一手。这些诀窍涉及广泛的知识：材料选择，人员管理，几何比例，负载分布和结构设计，与之相伴的是他们在参加正式祈祷仪式时的那种感觉和基督教传统。

对这些建造者们而言，物质和精神之间没有分界线。他们的艺术直接从右脑中涌出。它具有视觉效果和空间感。他们把成吨的石头架在空中来表达他们对上帝的赞美；当工程完毕，他们用心灵的幻影——带翼的天使、怪兽状滴水嘴和怪异的漫画去装饰凹面、裂缝和高高的城堡。



巴黎 St. Chapelle 教堂的怪兽造型

到了 13 世纪他们大胆骄傲地把自己和作品联系在一起。在



巴黎圣母院十字形教堂的南面的外侧，有一块长 7.5 米的铭碑指向塞纳河。上面写着：

吉恩·德·夏勒斯（Jean de Chelles）大师为赞美圣母于 1258 年罗马历 8 月第 2 个 13 日动工修建。

那么这项奇迹般的艺术后来的命运又如何？最合理的猜测就是它随着建筑大师成长为一个有教养的绅士后消亡——当他搬进了办公室，遥控其他人的工作之时起。这样一来，这种代代相传、曾赋予艺术如此强烈的表现力的创造之源便枯竭了。

尽管如此，最后一座伟大的中世纪大教堂就在最近刚刚完工——而且就在美国。华盛顿特区的国家大教堂建筑在风格和工艺才智上几乎完全忠实于中世纪艺术的灵魂。这一巨大建筑经过 82 年的建造终于完工了，它气势恢弘，震慑魂魄。你要是有机会去华盛顿，千万别错过了去看看它的机会。

最终教会主宰的中世纪带着它所拥有的高技术走到了山穷水尽的地步。人口过剩敲响了警钟。在 13 世纪末，欧洲开始出现饥荒。接着在 1347 年由细菌引起的鼠疫横扫亚洲后进入了衰败的欧洲。老鼠随船把疾病带到了热那亚。仅仅 4 年的时间欧洲失去了 1/3 左右的人口。鼠疫呈现出三种形式：淋巴结性鼠疫攻击人的淋巴腺，肺炎性鼠疫袭击肺部，败血性鼠疫攻击血液系统。但黑死病这个字眼包含了上述全部含义。

1351 年后，黑死病从流行性阶段即病情突发，发展到大面积传染阶段。它滞留于当地环境中，每隔几年就会爆发一次，周期性地削减人口。从 1290 年第一次饥荒到 1430 年鼠疫大面积传染情况略有好转为止，欧洲已经失去了一半以上的人口。这是这场瘟疫毁灭性袭击东方世界之后发生的事情。黑死病也许是我们人类所经历的最大灾难。⁽⁵⁾

鼠疫过后又给我们留下了什么呢？一方面它瓦解了封建制



度，另一方面给许多幸存者带来了那些死亡者留下的物质财富和土地。手工劳动的价格变得昂贵起来，工资飞涨；制作工艺也日趋精湛起来。当死神随时可能降临时，时间也就变得宝贵起来。时间非常重要。鼠疫来临之前，以教会为中心的世界曾经是一个不可思议的永恒世界。而现在，人们则需要长时间地劳作以追求资本收益，生命处于一种随时随地都有可能完结的状态之中。随着鼠疫泛滥的年代所出现的第一批新技术，便是机械钟和沙漏。

在鼠疫到来之前，医学归属教堂。医生报酬丰厚，是特别受人尊敬的学者。他们脱离病人，夸夸其谈辩证理论——与现在的某些医学专家没有什么不同。14世纪的医学就像当时的教会一样，在对付鼠疫的战役中败走麦城。现在医学实践和宗教实践开始朝世俗的方向转变。医学朝实验和实用药理学方向转变。在15世纪末，医学和植物学方面的书籍开始问世，但不是用拉丁文写的，而是由一批新人用本国语写成的。

技术正在向非劳动密集型转变，其技术含量也大幅度提高。不管怎样，鼠疫年代带给我们中世纪的石弓、新医学观点、枪械、时钟、眼镜和对综合知识的渴望。因此在这场可怕的暴风雨之后出现的彩虹，和随之而来的百年战争^①全部混杂在一起，形成了一个聚宝盆。印刷术是出现在这个可怕的一个半世纪里的最后的一项新技术。新制版技术最终融化了被莎士比亚称做“我们最不满意的冬季”，它提供了获得知识的方法，进而开启了欧洲人类活力和希望的再生。

但是，这个融宗教和技术于一体的闪光年代昙花一现，现在已破碎。从现在起，宗教和我们周围直接的世界知识将会在越来越不稳定的氛围下共存。例如，接下来的几个世纪中，许多圣经

^① 百年战争 (Hundred Year's War): 1337 ~ 1453 年间英法两国之间的战争。——译者著



学者一直试图计算地球的年龄。到19世纪中叶，类似这样的计算持续了100年左右。他们得出的地球年龄从5400年到近9000年不等。

在达尔文之前，地理学家就已开始强调，《圣经》不能真正告诉我们这种技术数据——实际上地球的年龄要大得多。最初他们没有证明这种看法的基础。然而1862年英国科学家开尔文(Kelvin)勋爵根据从《圣经》之外搜集到的数据，对地球年龄进行了第一次数字计算。他从每深入地心15米地温升高 0.56°C 的现象，猜测地球是一个温度高达约 3800°C 的熔体。他先通过计算求出地球必须要经过多长时间才能冷却下来，从而得出地球表面温度的变化率。开尔文的结论是：地球一定是在经历了1000万年后，球体温度才能达到每15米相差 0.56°C 的变化。^[6]

以当代科学家的观点看，当开尔文用傅立叶方程计算通过地球的瞬时热传导时，他已使自己成为众矢之的，并对这一难题下了挑战书。1807年约瑟夫·傅立叶根据前卫数学推导出了热传导公式。开尔文不得不发明如何用数学的基础方法来求解傅立叶方程，因为他不知道地球内部的实际状况。^[7]

因此，你看现在是火上加油了吧！受宗教影响极大的反进化论者开尔文确定了地球年龄，虽然这个球龄小得不能让地质学者和达尔文主义者感到满意，但又大得足以激起《圣经》写实主义者们的极大愤慨。

关于开尔文计算的真正问题在于：他不了解放射现象。今天我们知道，地球温度的变化是由放射性物质的衰变来维持的。这就意味着，开尔文的冷却算法不可能正确地算出地球的实际年龄。它在学术领域中的真正价值在于他所给予人们的那种智慧鞭策。当然，他的批评者所拥有的放射知识也并不比他多。维多利亚时代伟大的科学家和数学家们知道有些东西的确是错的，但不知道究竟是什么错了。因此他们组成团体，就数学方法和《圣



经》注释方面的问题展开辩论。这场论战一直持续到 20 世纪，吸引了达尔文、赫胥黎（Huxley）、海维赛（Heaviside）和其他许多人。争论的结果至少为数学热传导分析奠定了坚实的基础。

今天，现代化学分析告诉我们，地球已经存在 45 亿年之久。有关开尔文温度计量之争有助于某些技术的建立，通过这些技术，工程师就能解决比开尔文遇到过的难题更棘手的热流向问题：从需要多长时间使水果冷却到某一温度，到如何使刹车闸冷却。我并不因为这个变幻莫测的故事感到沮丧。显然，理解这些问题时我们仿佛穿过这样的荆棘丛生之地，我们掌握了更多的知识。

它使历史学家亨利·亚当斯（Henry Adams）远离 19 世纪科学宗教的窘境，通过把事物放在中世纪教会背景之外，进而正确地解释它们。美国的第二任总统约翰·亚当斯（John Adams）统治了一代王朝。他的儿子约翰·昆斯（John Quincy）也是总统，他的孙子查理（Charles）任过国会议员，内战期间任驻英国大使。在他的自传《亨利·亚当斯的教育》中，约翰·亚当斯的曾孙把自己和其非凡的祖先们进行比较。虽然他是个作家、国会议员和著名的历史学家，他还是难以认同他自己已取得的成就。

在自传接近尾声时，亚当斯把自己描述成芸芸众生中的一个普通人，面对着 20 世纪的科学技术，于冥冥之中察觉到了它那不可抗衡的力量。在“发电机与圣母玛利亚”这一章节里他带着我们浏览了法国 1900 年举行的盛世空前的巴黎博览会，亚当斯是近 4000 万观众中的一个，参观了 8 万种陈列品，日复一日地流连忘返于博览会，试图理解它的全部秘密。

在此之前，亚当斯最重要的历史著作记载了他对两座中世纪建筑的研究——蒙特圣米歇尔修道院和大教堂。它们使他感到以圣母玛利亚为中心的中世纪基督教所产生的巨大社会影响。

此时此刻他凝视着问世不久的发电机、电话、汽车，意识到



所有这些以肉眼见不到的新动力辐射和电场为基础的近几年才涌现出来的新技术，会像800年前圣母玛利亚曾经改变了西方文明那样动摇整个西方文明。他对历史的后见之明使他对12世纪心满意足，但巴黎博览会的内容却远不是他所能消化得了的。

博览会上为他做向导的主要是航空先驱塞缪尔·皮尔伯恩特·兰利（Samuel Pierpont Langley）。兰利是一个脚踏实地的物理学家，喜欢用功能术语解释事物。但亚当斯却因聪明过头而误解了某些事物的真正工



亚当斯家族的4代人

作原理。他说：“（我发现自己）躺在机器展廊中——身躯仿佛成为一部历史，瞬息之间它的脖颈被突然闯入的全新力量所扭断。”在自传出版前他没有提到两种观点——量子力学和相对论理论，而这本来可以使他显得不再那么无知。然而，他可能对于这两点一概不知，但是他还是出于本能看到了它们咄咄逼人的来势。当他观看那些预示着19世纪科学信念的展品时，他是非常清醒的。

最后，亚当斯悔恨他这一时代的盲点是对神秘事物的否认。圣母玛利亚就是推动中世纪科技革命的神秘力量。他写到：

象拉或能量，圣母玛利亚表现出了西方世界曾感到过的最伟大的力量而且用比其他任何力量——自然力量或超自然力量都更强的力量，把人类活动更强烈地吸引到她自身。

亚当斯意识到发动机和现代科学已经不再被神秘的力量所左右。兰利或当时其他任何人都不理解镭或电，也不比亚当斯本人懂得多。^[8]

历史证实了亚当斯是对的。走出展厅后的19世纪科学技术



改变得令人难以置信。维多利亚时代的科学上的自给自足宿命论主义正在轰然崩溃。如果量子力学的含义不解释清楚，科学和过去一样仍不完整。量子力学是做为智力难题，最终摆脱了展厅和19世纪的羁绊。我们逐渐悟出《圣经》不是一本关于科学公式的书。但在20世纪期间，我们也逐渐明白了科学也是一面镜子，可以让我们瞥见我们人类的秘密——并且只是部分地、朦胧地。

-
- [1] Kenneth Clark 在 *Civilisation: A Personal View* (New York: Harper & Row, 1969) 一书中概括性地介绍了哥特式教堂, 详细描述了卡尔特教堂。
- [2] L. White Jr. 在 *Medieval Religion and Technology* (Berkley: University of California Press, 1978) 一文中讲了埃尔默和他的飞行故事。
- [3] 有关教堂、本笃会和永动机的事情见 J. Gimpel 的 *The Medieval Machine* (New York: Penguin Books, 1976)。关于永动机的全面介绍见 A. W. J. G. Ord-Hume 的 *Perpetual Motion: The History of an Obsession* (London: George Allen & Unwin Ltd., 1977)。
- [4] 关于中世纪末期机械表的发展状态见 K. Maurice 和 O. Mayr 合著的 *The Clockwork Universe: German Clocks and Automata* (Washington, D. C., and New York: The Smithsonian Institution And Neal Watson Academic Publishers, 1980)。关于沙漏的历史, 见 R. T. Holmer, "The Operation of Sand Clocks And Their Medieval Development" (*Technology and Culture*, 19, 4[1978]:625~632)。
- [5] 有关14~15世纪流行病的描述可见诸文章, 例如 R. S. Gottfried, *The Black Death: Natural and Human Disaster in Medieval Europe* (New York: The Free Press, 1983)。
- [6] 参见 Paul Nahin, "Kelvin's Cooling Sphere: Heat Transfer Theory in the 19th Century Debate over the Age-of-the-Earth" (in E. T. Layton and J. H. Lienhard, eds.) 和 *History of Heat Transfer: Essays in Honor of the 50th*



Anniversary of the ASME Heat Transfer Division (New York: ASME, 1988, 65~85), 书中介绍了 Kelvin 在自相矛盾的地球老龄化问题方面发挥的作用。

- [7]关于 Fourier 的理论,可见 J. Fourier, *The Analytical Theory of Heat* (New York: Dover Publications, Inc., 1955)。这里我讲的是关于傅立叶写的所谓的 *A Heat Transfer Textbook* (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1987, Section 5.5)。
- [8]参见 H. Adams, *The Education of Henry Adams* (New York: The Heritage Press, 1918)或众多的后续出版物中的一本。特别是第 25 章以及随后的章节。



第3章

透视发明者的头脑

发明家——任何有创造力的人——都懂得要透过表面现象了解事物的本质。我已经发现在发明家的头脑里只有一种东西是不会改变的，那就是好奇——好奇总是隐藏在发明那枚硬币的另一面。在歌剧《围裙》中，吉尔伯特（Gilbert）和萨利文（Sullivan）告诫我们：

事事很少表里如一，
脱脂奶常冒充奶油；
高贵和低贱只是刷上去的油漆，
寒鸦披着孔雀的羽毛乱展花枝。

例如，一个设计高速公路系统的工程师想在主干线之间增加一个十字路口。常识告诉他十字路口将使驾驶者有更多选择，而且有助于增加交通流量。只有通过敏锐的洞察或者复杂的计算机分析才能揭示十字路口的增加会使情况更糟。它们经常造成局部的交通阻塞，而在这些地方如果是其他道路形式的话则什么都不会发生。

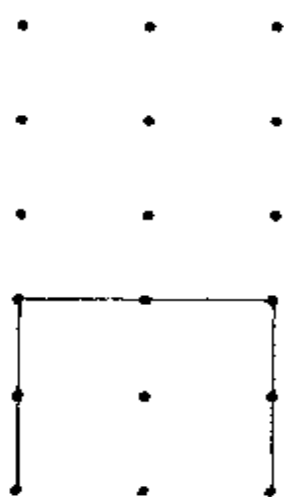
当常识弃我们而去，我们就没有了保护。然而，如果仅仅常识就足以能够引领我们走出周围所有的迷宫的话，我们将生活在一个非常单调的世界里，这是非常清楚的。如果我们所学的东西



只是我们所期望要学的、那就等于我们根本什么也没学到。每一个了解热流的学生迟早都会惊奇地发现小管子的隔层有时反倒会增加热的流失。当我们放飞想像力之后，常识吸引我们回归原点。但正是这种出奇不意，即先于预期出现的想法，使科学、技术和发明其乐无穷^[1]

曾有人恰如其份地把发明称为“一种绝顶的疯狂”，我认为的确是这样。发明存在于常规方法和手段之外。如果把对现实世界可预测的响应称为理智的话，那么发明肯定是一种疯狂。人们熟悉的一个解谜题向我们展示了这种疯狂在某些方面所起的作用。题目要求用4条直线把排列成方形的9个点相连。每条线必须从上一线段的末端开始。

这个问题看起来是无法解决的。例如，如果你依次在3个边画一组直线，如右图所示意，那么第4条直线要么是连接中心点的对角线，要么是连接较低点的水平线。但不可能同时把这两点连在一起。当然解题的微妙之处在于跳出公认的局限性。在事先不知道结果的情况下连接9点确实很容易。一旦我们意识到直线不一定要照9个点所提示的方形空间走，我们就可以容易地解决这个难题了。短语“从盒子外面思考”大概就是源于这个画谜吧（见下图）。有什么样头脑的



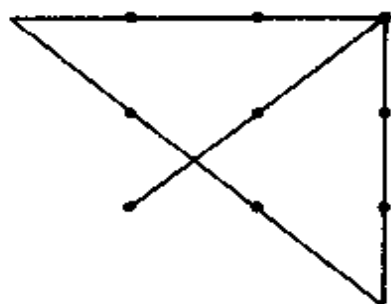
9点相连之谜

人才会识破类似问题呢？当然不是那种按照常规考虑问题的人！

这就是为什么说创造性不能简单地归结成方法。我们能做的至多是了解一些有非凡发明才智的人和发明创举。我们在做这些事的时候，会发现有些有发明才智的人用正统做幌子——富有成效地集中他们的创造力并过着心满意足的生活。有些人则被这种令他们一生不得安宁的疯狂弄得遍体鳞伤。



因此让我们来调侃一下这种疯狂。让我们先关注某些不是一眼就能看透的东西。让我们去见识一些具有发明创造力的人和他们的发明创举吧。让我们欣赏一下使他们在陌生领域的付出物有所值而带给人们的惊奇吧。让我们先从克里斯托夫·瑞恩



9点相连之谜底

(Christopher Wren) 的故事和圣保罗大教堂的圆顶开始吧。

年轻时每次去明尼苏达州的圣保罗，我总是乘电车到商业区。电车总是嘎嘎地响着驶过有着可爱大圆顶的大教堂。教堂的名字既是这座城市的名字，也是它所模仿的英国大教堂的名字——伦敦的圣保罗大教堂。第二次世界大战中的孩子没有一个会忘记那些电影画面：圣保罗大教堂的圆顶耸立在被炸弹照亮的伦敦夜空。虽然从公元607年起多次重建，该教堂却幸免于闪电战。

这座古老的哥特式大教堂到1665年时已经拥有了500年的历史。虽然它从未真正完全竣工过，此时却坍塌了。才华横溢的年轻建筑师克里斯托夫·瑞恩受命在废墟上重建教堂。他给教堂规划委员会提出了一个激进的方案：拆除老式的哥特式教堂建筑，用一个圆顶式的新建筑取而代之，就像欧洲文艺复兴时期的教堂。委员会彻底否定了这一计划。大教堂原来是尖顶，而不是圆顶。需要做的只是补建圣保罗大教堂，而不是重建。因此瑞恩是要在上面建一个新塔尖。

瑞恩怨恨了一年。然后大自然出面干涉。1666年那场可怕的大火吞没了这座旧建筑，因此瑞恩得以自由地设计一座新建筑。委员会仍反对他的圆顶设计，尽管查尔斯国王相当喜欢。最后国王给瑞恩指点一个迂回的办法。他告诉瑞恩从设计上抹掉圆顶设计，画上一个尖塔，随便什么尖塔都行。然后国王在合同上加了



一句话，恩准瑞恩随时有改动的权利直至自己认可为止。

瑞恩在他设计的教堂顶部装了一个丑陋的、比例失调的尖顶，这使委员会感到满意，因此他得以继续工作。修建这座新大教堂花了35年的时间——超出任何委员会的集体记忆，已经没有一个委员记得此事了。随着框架的升高，瑞恩做了一系列谨慎的修改。这座假的尖顶体面地逐渐地让位给了这个工程设计的奇迹：直径达33.5米、高112米的巨大圆顶直插云霄。为了不用扶壁支撑，瑞恩用隐藏在石头表面下的巨大铁链把石头缠住，而裸露在外的石头则遮住了铁链（1925年这个巨大、锈迹斑斑的链子最终被不锈钢链所替代）。

今天，你到伦敦去，坐在教堂里的长凳上，仍能看到当年92岁的瑞恩在生命的最后一个星期日所看到的——教堂内部显得在向东、西、南、北和顶端五个方向无限延伸，从低音廊举目仰望教堂富丽堂皇的天花板，目及之处令人难以忘怀。瑞恩去世后，他们把他葬在大教堂内，上面安放着一小块匾。这座建筑就是他的纪念碑，也是这位儒雅天才意志的见证物，他找到了一种方法向人们展示他不能向他们解释的东西。^[2]

因此让我们从一个值得借鉴的案例开始——一个像他的中世纪前辈们一样的生活的人，在动荡而反复的世界里，用他自己的方法，在建筑创造方面为他的创造精灵找到了出路。我们在本杰明·汤普森（Benjamin Thompson）的故事里找到与瑞恩的相似之处。但从处理创造灵感的方法来看，汤普森的经历显得比瑞恩更加艰难。

汤普森出生在马萨诸塞州的沃伯，在风起云涌的美国革命中长大。他在波士顿家庭式教育中苦苦挣扎。年仅18岁时，他离家去了马萨诸塞州的拉姆福德，就任一所中学的校长。不久，他和一个31岁的富有的寡妇结了婚。后来他为英国充当在殖民地的间谍。当殖民地的居民发现他的所作所为之后，他便抛妻弃女



(女儿还是个婴儿)逃到英国。随后的几年里,汤普森专心钻研,毫无廉耻地向上爬,最终在慕尼黑谋取了巴伐利亚州法院的一个高职。

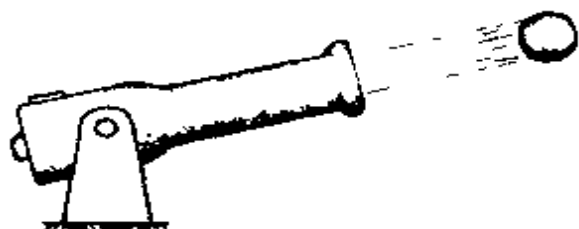
在这里,他的生活呈现出一种不同的色彩。他把技术洞察力和
社会改革大胆地结合起来,这在他们那个年代是超前的。他设立了市政工程,建立了救济院,进行了军事改革。他在公共建筑中安装了基本的厨房设施、供热和照明系统。在供热和管理方面,作为一生兴趣的部分体现——他给我们留下了拉姆福德炉。为什么叫做拉姆福德(Rumford)?那里面记录了他后半生的秘密。

1792年他成为神圣罗马帝国伯爵,沿用了拉姆福德镇的名字。汤普森最让人记住的是拉姆福德伯爵这个名字以及5年后他以这个名字进行的实验。他对大炮的兴趣引导他钻研加农炮的炮膛加工和点火技术。由此他看到机械能可以转化成热量,以及热能和机械功之间的直接等价关系。

当时的人们认为热能是液体,一种叫做卡路里(即热量)的以太,它能从物质里流入或流出。卡路里是不能通过机械功或其他手段生成的。拉姆福德的结论直接驳斥了卡路里理论。这些结论表明只要有机械功源就能直接产生热。他同样向我们显示,当炮筒没有炮弹时给大炮点火,大炮升温要比装有炮弹的大炮迅速得多,有炮弹时热就会转化成使炮弹加速运行的动力。

拉姆福德的故事最终来了个极具讽刺意味的转变。卡路里是由法国著名的化学家拉瓦锡命名的,他在法国革命期间被斩首。拉姆福德返回英国和法国后,他和瓦

锡的遗孀维系了长达4年的暧昧关系。他们的风流韵事最终以短



大炮点火使热能转变成机械动能



暂不幸的婚姻而告终。在这段婚姻之前，拉姆福德曾吹嘘道：“我想我将在活着时把卡路里赶出舞台，就像拉瓦锡把燃素赶走一样。这个拥有过两个哲学家的妻子具有多么奇异的命运啊！”拉姆福德伯爵的确对把卡路里赶下舞台有所贡献，但这段婚姻的失败又有什么可奇怪的？^[3]

显然拉姆福德至少还能在某种程度上控制创造精灵。但许多人都做不到这一点。一个生于1811年的法国年轻人，即出生在拉姆福德逝世于法国的前3年，在这方面是一个很有说服力的例子。他就是埃瓦瑞斯特·伽罗华（Evariste Galois），近世代数之父。伽罗华死于枪伤，年仅20岁零7个月。当他短暂、动荡的生命终结时他还未完全成年。

他开始他的数学生涯是由于两次技术大学入学考试不及格，因为他的答案太离奇了。最后他被师范大学录取，却又因他在写给报纸的信中攻击校董而被开除。几个月后他因发表威胁国王的言论而遭逮捕，接着被宣告无罪，但又因非法穿着军装并携带武器再次被押回监狱。在8个月的监狱生涯中，他撰写数学方面的文章。一出狱，他就被一桩不愉快的桃色事件弄得不知所措。也许公正地说他是一个典型的非常聪明的未成年少年。

由于某种说不清的原因——也许是由于秘密警察的暗中作梗——他接受了定于1832年5月30日的一场决斗。对他而言，那是一场毫无取胜希望的决斗，但他又无法回避。那时他的数学才能已为人所知。他已发表了一些论著，许多杰出的数学家，如高斯（Gauss）、雅各宾（Jacobi）、傅立叶（Fourier）和柯西（Cauchy），都知道他。

5月29日他写了一封长达100多页的信，概述他在短暂一生中的创造和发现。他所撰写的文献被公认为是近世代数和群论的基础。他的某些定理一个世纪还没有被证明。他逐渐接近自己内心世界，获取那些我们不知道他是如何发现的真理，然后带着无



所顾虑的绝望面对死亡。

他的恐惧和傲慢交织在一起。信中有些尖刻的旁注。一方面他写道：“我没有对任何人说我要感谢他对这个工作有利的忠告或……鼓励。”另一方面他用钢笔在空白处写到：“我没有时间！”当诗人卡罗·科里斯诺福·德雷克（Carol Christopher Drake）在1956年听到他的故事时，她写道：

在太阳升起前，我没有时间
而思想的火花就像太阳一般
突然，而难以抗拒

倚案凝视
窗外，夜幕笼罩
抬起的手在灯光下抖动
清晰，又突然

在太阳升起前，
我没有时间
思绪迅速闪过
来不及回忆，但心灵抓住
思想的形式，感觉的体现
和未知的时间相连

我没有时间，我的冒险
完全不合时宜；我没有时间
我向你哭诉我没有时间——
看吧！这灯光就像是太阳
照亮小草、海岸，死亡——

我没有时间，我的时间就是你。^[4]

次日清晨，他遭到枪击，两天后身亡；他的创造清灵害了



他。但他在一夜间为世界所做的要超过我们大多数人的一生所为，因为他知道他能在自省灵魂深处的片刻发现一些东西。

当然，数学是一种过分苛求的学问。要研究数学而且要研究得卓有成效需要巨大的精神约束。有些人具有技术上的训练，但没有情感自我控制能力。那天我的同事硬要我写一篇关于坎特（Georg Cantor）的电台报道时，我终于明白了这个事实。

我开始密切关注坎特，突然想起我还是在小学时父亲给我读过的《时代》杂志上的一篇文章。那篇文章一下子抓住了我的想像力。有个人提出了一个新数字概念，叫天文数字。这个天文数字是10的100次方——数字后面带100个零。后来我发现它在清点实际物品时没什么用，因为在整个宇宙中我们实在难以发现那么多真实的物品——即使是原子。

那么计数在何处终止，无穷大又从哪里开始？我们有必要去追究无穷大。每一个工程专业学生都知道无穷大并不是数字的终点。如果我们问当速度、时间或力成为无穷大时实际系统将会怎样——即我们询问无穷大的特性时，我们会得到一些意想不到的答案。

数学家坎特同样对无穷大概念感到疑惑。他于1845年出生于俄国。他想像母亲一样成为一个提琴手，但他精于世故的父亲不允许他学习小提琴。17岁那年父亲去世了，康托尔继续在柏林完成数学博士学业。那时他年仅22岁。他的职业生涯并不长久——接近40岁时才思枯竭，他的余生在时愈时发的精神失常中度过。

但他的所为非常重要，因为它引发了一个出自简单的计数问题。我们发现他的想法甚至在《母鹅》这首小诗中亦有类似的记载。记得那首“一个土豆，两个土豆，三个土豆，四五个土豆，六个土豆，七个土豆，更多”的小诗吗？计数就像是把一组事物和另一组事物匹配起来。在这种情况下，就是把数字和土豆匹配



起来。数一条直线上所有无数的点是否就像数一个平面上所有无数的点？坎特为了回答这个问题，他必须创造一种叫“超穷数”。他确定了无穷数的阶。如果只是数整数，就会得到无穷大的第一阶。从2的几次方开始，会得到无穷数的第二阶，它的个数正好是你从最低阶形成的无穷数集合的个数，如此类推。为了排序，他还得发明集合论。集合论已成为现代数学的基本概念。

坎特的心灵处于一种长期流浪的状态——一种通向陌生领地的旅行。他不得不克服来自父亲以及伟大的数学家们甚至自我怀疑的阻力。33岁时他写道：“数学的本质就是自由。”为了继续做他的事情，他不得不高度评价自由——与钢铁一般的纪律交织在一起的自由，驱使一个充满灵气的孩子的好奇心的自由，那种寻求天真遐想改变我们世界的自由。坎特一直过着动荡不安的生活——直到1918在长久的等待之后，他终于看到集合论被人们接受，最终自己走完布满伤痕的心路历程。^[5]

但坎特和伽罗华都是极端的例子。尽管像他们那样的故事还很多，讲述他们的故事会引导我们偏离发明创造过程中更好的方面。让我再讲第三个数学家/工程师/科学家的故事。他的故事和上面的完全不同——或者也许我应该说根本就是缺乏趣味。让我们一起去见识一下吉布斯（Josiah Willard Gibbs）。

历史学家不喜欢用最高级字眼，认为使用诸如“第一”或“最好”之类的字眼容易出错。而我完全可以满意地说吉布斯是美国最伟大的科学家。吉布斯于1839年生于康涅狄格州新哈维镇。从17世纪以来，他是美国学院派历史长河中第七个有影响的人。他的父亲是耶鲁大学一个有名的语言学教授，他终生住在同一所房子里，1903年在那里去世。

吉布斯做了什么呢？他创建了化学热力学的完整学科。他建立了矢量分析的学科；他发明了统计力学，并在量子力学能取代它之前，尽可能地推动它向前发展。他在其他几个领域也做了一



些基础性的研究。虽然其他大科学家们只是在一些领域中有所建树，而吉布斯却开创了三个完整的领域——把它们从自己心灵的最深处挖掘出来，并赋予它们生命。

他很少邀宠；他很少旅行；他不愿与人合作，从未结婚；他在没有名气的《康涅狄格哲学协会学报》上发表了他所撰写的大量论著。从外表上看他既乏味又古板。

吉布斯在耶鲁大学学习。在那里他获得了博士学位，是美国授予的第一批博士学位。他成为美国机械工程方面最早的一位博士。他的选题是解决齿轮的成型问题。在那以后，他在耶鲁任教，从事铁路设备方面的设计，尤其是刹车系统。1866~1869年，他在巴黎、柏林和海德堡研究数学和物理。那是他所经历过的惟一一次真正的旅行。他发表第一篇论文是在他34岁以后。又过了一段时间，他的才能开始得到公认。当他在热力学领域的探索引起注意时，琼斯·霍普金斯大学给他提供了一个职位。一直到那时，耶鲁都没有付给他酬金。现在，耶鲁总算让他的名字上了工资表。

吉布斯的工作是多方面的，如有益的工程之类的工作。也就像在超现实主义的、多维的风景画上移动。加入他这一心路历程旅行行列的人们会发现，它的美摄人魂魄。他死后，20世纪的科学家们一直像剥洋葱似的对他进行研究，并在每一层面的下面，都发现了在前一层里他们所错过漏失的东西。

乔·威拉德·吉布斯的生活包裹在一种简单的灰色的氛围中——教职工会议、委员会、上课。他生活得像一个安分的教授，做着平凡的工作。他没有得到任何重要的认可，也没有得过诺贝尔奖。然而正是在他建立起来的大厦基础上，爱因斯坦和费米获得诺贝尔奖。他重写了科学，他改变了历史。因此我们可以非常肯定地说他是我们最伟大的科学家。^[6]

吉布斯的特点就在于他对你我如何获取创造力的问题几乎没



有提供任何可借鉴之处。我只能把他展示在你的面前，并且说，“尽你的能力去理解他吧。”就指导性而言，我们必须到别处寻找。因此让我们回到开始所做的评述——创造力是惊奇的话题。这意味着我们要脱离上下文，去抽象地理解。创造过程必须包括对超越我们认识的常规范围的思想的识别能力。

想一想我们对微生物的了解仅仅不过 300 来年。首先是由荷兰的透镜制造商安东尼·凡·列文虎克（Anthony van Leeuwenhoek）在 17 世纪末观察到的。他把这些小生物称为微生物，并且几乎在任何有水的地方都可以找到它们。但后来是怎么把这些令人讨厌的小家伙和疾病联系起来的呢？150 年后，疾病在伦敦蔓延开来。一半的新生婴儿死亡，并且穷人的死亡率比富人的死亡率要高得多。那时有两件事情是显而易见的。一是伦敦的饮用水，总的来说，带有大量的微生物；另一件是垃圾——尤其污水，在穷困地区随处可见。

对于我们来说很明显是细菌在作怪。但不论是健康者还是病人所饮用的水中都有细菌的存在。而难闻的气味却只在不洁净的地区闻到，所以臭气或者像人们所称的瘴气引发疾病似乎更为可能。人们没有理由去担心水源。人们只是觉得必须要消除臭气。

随后在 1849 年和 1853 年，伦敦发生了可怕的霍乱。1853 年一位名叫约翰·斯诺（John Snow）的外科医生开始调查统计数据。他长期坚持出没在病人中间，对谁死了、发病时确切的居住点都做了详细的记录。他花了很长时间，但斯诺最后在布鲁德街井里取水的人群中找到了霍乱的高发区。

在斯诺认识到霍乱病人住宅的化粪池靠近那口井之前，这个发现并没有什么特殊的意义。污水从化粪池渗透到作为这口井直接水源的地下水中。在人们的抗议声中，他设法从水井处拿掉了从井里汲水用的手柄。霍乱在伦敦这部分地区的发病率开始减少。^[7]



不久后人们认可了斯诺的报告，同意霍乱不是由有害气体引起的，而是由被称为粪水的污水造成的。斯诺使人们真正捕捉到疾病携带源的踪迹。4年后路易斯·巴斯德（Louis Pasteur）把疾病和细菌联系在一起。进而在1865年约瑟夫·李斯特（Joseph Lister）发现他可以在手术中通过给病人喷洒石炭酸溶液来杀死病菌。最后在1882年，也就是斯诺准确标出布鲁德街水井的位置不到29年的时间，德国外科医生罗伯特·科赫（Robert Koch）发明如何制造特定疾病的疫苗。他已经发现了引起炭疽病的细菌，并设法制造出一种疫苗使动物免于传染。

推翻人们固有的思想可能需要几十年的时间。即使斯诺曾经用布鲁德街井的故事告诉人们必须要做的跨越，但是从不健康的气体到细菌仍是人们所需要进行的一次艰难跨越。当然完成这种跨越也提醒我们，如果没有一个有关古怪科学家的故事，描述创造发明过程就是不完整的，即使这类故事有点儿离题。从完整的角度来说，让我们去拜访一下那个古怪的尼古拉·特斯拉（Nicola Tesla）。

1974年我在南斯拉夫工作时，我特别喜欢他们面值为500元的第纳尔纸币。在他们的货币系统中，它是一种相当于30美元的钞票，上面印有一个消瘦的男人在读书。他就是尼古拉·特斯拉——早期电学天才之一。特斯拉出生在塞尔维亚，而后在布拉格接受教育。1884年他来到美国，那时才28岁。

那时在操纵神秘的新电力这一方面特斯拉显示出其突出的才能。他带了一封引荐信去见托马斯·爱迪生（Thomas Edison）。那时已经成名的爱迪生本来可能会耸着肩膀对他不屑一顾。但当特斯拉露面的时候，他正缺乏人手。奥根汽船上的新型电力系统失效了，因此他当场聘请了特斯拉，派他去修理。特斯拉的确把它修好了。但他最终跟了爱迪生还不到1年。爱迪生把他看成是一个书呆子、一个理论者、一个喜爱美食享受的假内行。爱迪生



说：据他所知 90% 的天才只是知道什么事儿不能做。特斯拉把这种思维方式称做是“经验主义之罗网”。他抱怨道：

如果爱迪生要在一大千草堆里找一枚针，他马上会像辛勤的蜜蜂一样一根一根地扒拉稻草直到找到为止。我是这种做法的可怜的目击者……其实用一点点理论……就可以节省他 90% 的劳作。^[8]

特斯拉是一个帅气、和蔼的学者，身高 1.90 米。他把每一分钱都花在建立美好生活上。他去结交诸如马克·吐温（Mark Twain）这样的富裕、有名气的朋友。特斯拉会写诗而且能讲一半欧洲国家的语言。但他从未结婚。事实上，他不能容忍和其他人的身体接触，因为他对细菌有极度的恐惧。

最后他设法接近了乔治·威斯汀豪斯（George Westinghouse），并把交流电概念介绍给了他。由此引发了他与爱迪生的公开论战。虽然爱迪生早已知道自己错了，但仍死死坚持用直流电。但特斯拉并不仅仅是你家里使用的交流电的鼻祖。他还在马可尼（Marconi）之前就演示过无线电这个概念。他发明了“特斯拉线圈”，一个可以产生壮观的百万伏特火花的谐振变压器。他是 19 世纪末电学领域的领路人，用闪着耀眼光芒的电学表演吸引着观众。

磁通密度的单位是以特斯拉名字命名的。但他从未发表过技术论文。瑞利（Rayleigh）勋爵曾经叫他安顿下来，像个正常的科学家那样进行专门研究。这对野性的塞尔维亚牛仔来说可谓是文不对题，尽管他的外表温文尔雅。特斯拉和瑞利的正统派学说背道而驰，正像他对爱迪生顽固的反复实验法不能苟同一样。爱迪生和瑞利的确都是伟大的科学家。但特斯拉再次提醒我们，引发创造发明的想法是无章可循的，是最不可能教会的东西。

那么，那些试图教工程课程的人该怎么办呢？他们如何来唤



马克·吐温在特斯拉的实验室做高压实验。《世纪杂志》，1895年4月

醒创造发明的基因呢？哦，他们有时能做到有时却又做不到。让我们来见识两个不同的人。他们做对了什么呢？

首先我先来说说麦克斯·雅各布（Max Jakob）。1937年雅各布和他的家人在法国瑟堡（Cherbourg）港登上了伯伦卡瑞号轮船，历经了6天的狂风暴雨，横渡大西洋到达纽约。雅各布一家打算永远离开他们的故乡德国。麦克斯·雅各布走向船跳板时腿有点跛，这是由于第一次世界大战期间在俄国前线受伤的结果。他当时58岁，在德国热传导领域是著名的专家。

自从他于1906年在慕尼黑得到博士学位后的31年以来，他潜心研究热学方面的关键问题，并一直和那个时代最伟大的科学人物保持联系。他的女儿伊丽莎白给我看了在他来往信件中有纪念意义的物品。在爱因斯坦寄来（他和雅各布的出生、去世日期相差不到几个月）的明信片上，爱因斯坦因雅各布对他相对论的坦率批评而表示感谢。还有在麦克斯·普朗克（Max Planck）的来信中，他感谢雅各布更正了他论文中的一个错误。

但是，雅各布现在不得不乘船去美国。4年前德国军队开进柏林，在百货商店的橱窗上出现了巨大的白色大写字母“犹太



人”；雅各布在日记中写到：“我从未这么看重我的犹太人的价值，但今天我很高兴没有站在容忍这一切的人们那边。”他先把伊丽莎白送到巴黎去读大学，然后他和妻子准备离开这个似乎是世界知识和文化的中心。他们迁往强盗频繁出没的地方和艾尔卡普——去芝加哥，有人告诉他那儿的天气异常严酷。他们每人只允许从德国带出 4 美元。

雅各布的迁居对美国来说有着举足轻重的意义。美国人在理解热传导方面远远落后于德国，正在努力迎头赶上。雅各布成了直接引导我们通向这些知识的第一向导。他的学生组成了一个核心组织，20 世纪 50~70 年代卓有成效地解释了这一领域的问题。美国对于雅各布来说是一个带给他惊喜的地方。第一批照片展示他正微笑着呼吸新大陆的新鲜空气。这里他再次发现，并喜欢上了另一种形式的文明，虽有不同，但仍是文明。他在学术氛围中感到了年轻人般的兴奋，并且成为其中的一员。他得到很多，也付出了所有。当今该领域里的许多资深要人都曾是他的学生。行内人都知道他的卓越成就。

1954 年，在他去世前 1 周的日记里，他写到有关聆听伟大的女低音歌唱家玛丽安·安德森（Marian Anderson）唱歌的感受。他被她所唱的“伟大黑人圣歌，尤其是‘没有人知道我所经历的苦难’和‘他的手中拥有的世界’”深深打动了。当时美国已宣称进入世界热传导领域领先的时代。雅各布和他的许多学生都曾帮助过美国达到这一目标。他作为美国伟大的工程师和教育家完成了自己的一生。

利韦林·麦克·克劳斯·鲍尔特（Lewellyn Michael Kraws Boelter）的故事和麦克斯·雅各布的故事相比，大相径庭。只有坚定性和公正性把二者连在一起。两人都利用那些控制热流动的物理学定律从事热传导基本问题的研究。

那些定律在 20 世纪初期被人们所熟知，但知道不成熟的物



理定律和知道如何把它们用之于渴望能源的世界，这两者还是存在着巨大的鸿沟。在 1900 年的背景下计算热流动实际上是超出美国的能力的。那时德国工程学家们使用这些定律，开始拓展数学方法。到 20 世纪 20 年代他们在此方面取得了长足的进展。与之相比，美国却远远落在后面。这一局面完全被二次世界大战所改变，先于麦克斯·雅各布移居到此，为这一变化做出巨大贡献的人就是鲍尔特。

鲍尔特生于 1898 年，在明尼苏达州的一个农场长大。他毕业于伯克利的加利福尼亚大学，然后留校任教。在那儿就如何教学生方面，他给我们所有的人上了一课。

他的方法很简单。他直接抓住学生的思维。他口若悬河，滔滔不绝。他教育学生挑战悬而未决的问题——向自己的无知挑战。他指导他们努力研究热传导问题。把人吸引进来，并且在一起钻研德国文献。正当德国的研究工作遭到纳粹镇压，处于停滞状态的时候，他们却在不断前进。到 20 世纪 30 年代早期他们在热传导分析方面形成了一种新的美国学派。

知识使鲍尔特平等地对待一切。他对他周围的人直呼其姓，而不是其头衔。甚至伯克利的名录上只把每个人尊为某先生。他们所面临的绝对只是悬而未决的问题，他把握方向，不仅让学生接触他们以前从未接触到的问题，面且也使得他的学生，而不是他自己成为这一领域的国际领头人。

1944 年，他接任加州大学洛杉矶分校工程系主任。他把这个地方建成为一个伟大的学习实验室。他废除院系制。你曾经是一个电气工程教授吗？太好了，这学期你就教民用工程课程。如此一来，知识永远处于一种新鲜的状态，学习进面也处于积极主动的状态之中。1963 年他对加州大学洛杉矶分校一年级学生发表演讲。他的讲话从讲稿上看起来很啰唆，但你会领会到它们的节奏韵律。字里行间交替使用你，你们（you）与和（and）并且作为



开首词。这些语重心长的话语出自这样一个沉默寡言的人，产生了一种预料不到的精神力量。他说：

你们的智力产品才是你们所拥有的最珍贵的东西。因此，你们必须保护它们，而且一定要善待它们，你们一定要做正确的事情。你们必须牢记你们大脑中产生的成果能被其他人利用，或用于好事或用于坏事。并且你们要牢记你们有责任使它们用于有益方面。你们不能回避这个责任，除非你们决心成为知识的奴隶，并且任凭他人为你们所做出的一切评头论足。而这点是与这个国家的民主制度相违背的。为他人为自己，你们必须自己承担这种责任。^[9]

鲍尔特看到了思想——“大脑的成果”——的卓越之处。他看到了它改变生活的力量。他懂得它们不仅把我们和责任捆绑在一起，而且也赋予我们以自由。从本质上来说，鲍尔特是在忠告他的学生如何控制创造精灵，只要我们进行创造性的工作，它就在我们身旁。

现在让我们看看另一类案例历史——关于创造精灵本身的历史。这是一个发生在1896年夏末的故事。奥维尔·莱特（Orville Wright）染上了伤寒热，他的兄长威尔伯（Wilber）坐在他身边看护着他，因为他已经在死亡的门槛前徘徊6周了。16年后威尔伯染上伤寒，并且因此丧命。当然，在这中间，两兄弟发明了第一架能飞的飞机。

在奥维尔生病之前，报纸上有关德国飞行先驱奥托·利连撒尔（Otto Lilienthal）的文章，早已深深铭刻在两兄弟的记忆中。利连撒尔制造并驾驶滑翔机飞行直到1896年在飞机坠毁中丧生，同年奥维尔差点儿病死。事后奥维尔声称威尔伯在他患病期间看到利连撒尔的死讯，并封锁了这个噩耗直至他身体复原。这个消



息当时可能有些误报。因为利连撒尔实际上是在奥维尔患病前1个月去世的。这个故事真正想告诉我们的是利连撒尔之死和奥维尔康复这两件重大事件在莱特兄弟心中是连在一起的。

利连撒尔花了6年时间制造滑翔机。而在他之前有人也造过滑翔机，但从未取得连续飞行的成功。他开始时是模仿鸟儿振翅而飞。后来他放弃了这个想法，去做一种带固定悬挂式翅膀的滑翔机。他做出了许多不同种类的滑翔机：单翼飞机、双翼飞机和任何可以想象得到的形状的机体。

在6年中，利连撒尔飞行了2000次，并开始构想制造有动力装置的飞行器。但紧接着，一个星期日的下午，一阵逆风把他吹到离地面15米的空中。滑翔机侧滑下来，撞到地面，摔断了利连撒尔的脊椎。据传，临死前，他低声说着：“是要



奥托·利连撒尔在飞行

做出牺牲的。”问题是他在出事之前说过此话。这是一种典型的维多利亚式的伤感，并且这种维多利亚式的伤感几乎把他的话和死亡联系在一起。

1900年威尔伯·莱特给另一个伟大的滑翔机先驱奥克塔弗·夏努特（Octave Chanute）写信，寻求忠告。最奇怪的是，他在信中提到了4年前利连撒尔的逝世和奥维尔的患病。威尔伯写道：

我一生坚信人一定能够飞起来。现在病情加重。我觉得如果不是以我的生命为代价的话，我的病也会花掉很多的钱。

当然，最终还是疾病而不是他的飞行信念夺走了威尔伯的生



命。但世界上最令人困扰的探索是寻求这个灵感的来源。莱特兄弟非常出色地把发明与潜心研究和实验室工作结合起来。他们讲求方法，埋头工作了数年。最终于1903年，他们的带动力装置的飞机终于在实验室里建造完成了。但它同样把人们带回到1896年的夏末——那是利连撒尔刚去世而奥维尔尚活着，两兄弟决意要做他们命中注定要做的事情的时刻。^[10]

维多利亚式伤感情绪为19世纪末和20世纪初对发明的描述增添了色彩。我们还能在描述真空管的发明时听到这种情绪的回音。也许通过整理发明经过，我们实际上可以提供通向一种发明的途径，真空管的故事始于爱迪生效应。它得名于爱迪生于1875年观察到的现象，尽管这一现象两年前曾在英国有过报道。1883年爱迪生完善了这个概念，当时他正试图改进他的新白炽灯。

这一效应是这样的：在真空中，电子从受热的元件，如白炽灯的灯丝，开始流向较凉的金属板，爱迪生没有从这里发现特殊的价值，但他还是申请了专利。他是会对任何可能有价值的东西申请专利的。今天我们用更具有描述性的术语热离子发射来称呼这一效应。

这一效应的神奇之处在于电子只从热元件流向凉金属板，反之则行不通。如果把一块热金属和凉金属板放在真空中，就形成了电子阻止阀，正像水利系统中的阻止阀一样。今天我们使电荷只向一方流动的器件叫二极管。1904年以前没有人把阻止阀实用化。那时这种应用和灯泡毫无关系。

无线电尚处在幼年。英国物理学家约翰·艾姆布罗斯·弗莱明(John Ambrose Fleming)在无线电报公司工作。他面临把一股弱交流电转换成直流电从而驱动仪表或电话接收器的问题。所幸的是，弗莱明早已请教过伦敦的爱迪生与斯万电灯公司。这种联系突然在他的脑海中形成。他后来写道：“……让我高兴的是，我发现我们为这种特殊电灯找到了解决办法。”



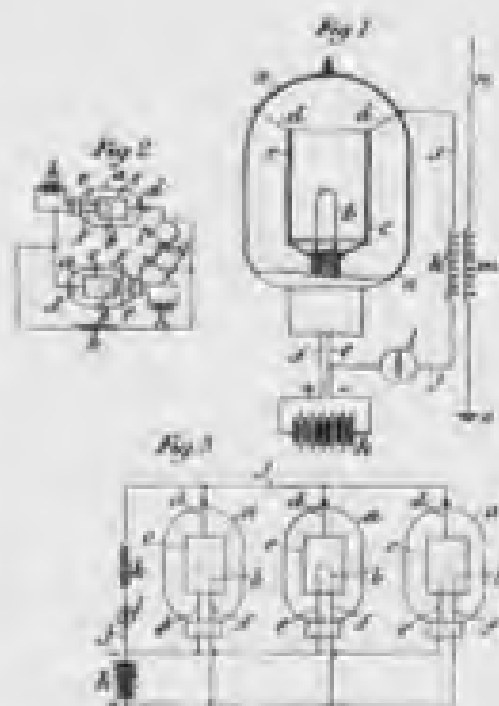
弗莱明意识到爱迪生效应灯能够把交流电转换为直流电，因为它让电只流向一个方向。换句话说，弗莱明发明了第一个真空管。现在，真空管已大量地被固态晶体管所取代，但还没有完全消失，只是仍改头换面地出现在电视显像管和X射线光源中。

弗莱明活到95岁。他去世时二次世界大战刚刚结束。他一直是老派的英国保守党党员。出生于达尔文发表《物种起源》之前的他自始至终反对进化论。然而就是他的反达尔文主义这一举动也是有其独到的发明倾向。“用进化论这个词去描述自动化过程是完全不公平的，”他写道，进而把这个问题从科学转向语义学。

然而，语义学又以一种奇特的方式来标明弗莱明的发明。他总是使用阀这个术语来称他的真空管。从这里他提醒我们真正的发明者是从某种语境中获得灵感并把它移植于其他新的语境之中。弗莱明把这么多东西搅和起来给我们留下了真空管——不只是灯泡和无线电，而且还有供水系统。^[44]

弗莱明发明的戏剧

性在于他自己对发明的阐述，然而他最具戏剧性的表现是我们已经谈论过的过程。创造性发明家从原始的境界得到灵感，然后再



J·A·弗莱明 1904 专利设计图



把它用在新的语境里。他把面包上生成的霉菌变成青霉素，^①把煤变成了电，甚至，我认为，能把铅变成金，就是因为他没有把每一种想法只局限于想法的本身。

另一个发明家托马斯·索普威斯（Thomas Sopwith）的研究就不是那么有戏剧性。他一生踏实稳重，淳朴。显然，当我们回过头去看他所完成的一切，会发现索普威斯一生的戏剧性在于不断积累。还是让我们从头来看他的故事吧。那架最终击落“红巴伦”冯·李希霍芬的是英国的一架叫索普威斯—骆驼号的双翼飞机。

骆驼号是可操纵的小型飞机。我父亲在法国驾驶过这种飞机，他告诉我骆驼号飞行时操纵起来很复杂。但要碰上一个好飞行员，它在战斗中很厉害。1916年德国控制了西部战线的领空。1917年索普威斯—骆驼一开到法国领空，就向德国的制空权挑战。它得名骆驼是因为驾驶员前方的炮上的机身外形有一个驼峰样的挡风板。是托马斯·索普威斯制造了它。

莱特兄弟飞行时，索普威斯年仅15岁。1910年他年满22岁学习飞行。在此之前，他驾驶过赛车，参加过快艇比赛，而且他还冒险地乘热气球飞行过。他随即赢得了许多飞行奖项，并且马上用他得到的奖金开始制造飞机。一次世界大战孕育之时他才24岁。他制造的首批飞机用于战争的初期。1917年7月当索普威斯—骆驼为盟军夺得制空权时，索普威斯还不到30岁。

战后他仍从事飞机制造。1935年他当选为猎鹰—希德利集团的总裁。在这儿他干了一件非同寻常的事。1936年他在没有和政府签订合同的情况下，决定自己制造1000架猎鹰飓风飞机。战争再次一触即发，如果说英国政府还没有准备好，至少索普威斯是一切准备就绪。如果没有猎鹰飓风号飞机，在英国战役中，英

^① 此处系作者误解，发明青霉素的是英国细菌学家亚历山大·弗莱明。——校注



格兰可能被纳粹的炮弹夷为平地。

但那远非是索普威斯事业的结束。二次世界大战后，他潜心研制猎鹰猎兔犬——第一架可以垂直起降的喷气式飞机。猎兔犬在马尔维纳斯群岛战斗中表现出色。

1988年1月18日索普威斯庆祝自己的百岁生日。英国皇家空军派出索普威斯制造的飞机飞往伦敦他家附近的上空——整整一个从早期飞行器到现代喷气式飞机的飞行编队！它是对这个非凡人物一生中代表整个有动力装置飞行历史的一次检阅。他有超自然的能力去解读未来。1年后他逝世，享年101岁。^[12]

创意来自何处？和吉布斯的一生相比，索普威斯的一生并没有提供更多的答案。然而，很值得我们关注的是两个有关发明家是如何进入发明境界的故事给我们的启迪。我们首先讲讲斯潘瑞-兰德公司。1967年它打算起诉霍尼韦尔公司。

霍尼韦尔公司正在制造数字计算机，而斯潘瑞公司宣称霍尼韦尔公司侵权。二次世界大战后，斯潘瑞公司买下了依尼阿克(ENIAC)——第一台电子数字积分计算机所有的专利权。霍尼韦尔公司对斯潘瑞公司进行反诉讼。他们特别声明斯潘瑞公司的专利权是无效的——数字计算机是在依尼阿克以前发明的。

6年后，霍尼韦尔通过纠正历史打赢了这场官司。站在霍尼韦尔一边的人们追溯到1937年的冬天。约翰·阿塔纳索夫(John Atanasoff)，衣阿华州立大学年轻的物理学导师，正在攻克机械计算的难题。在那个特别的晚上，事情进展的特别不顺利。最后在失望中，他跳上了汽车，飞速行驶，消失在夜色中。开了300多公里后，他把车停在伊利诺斯州公路旁的旅馆休息。

在那儿他突然起了一个念头：机器可以很容易地通过电子脉冲开关控制。如果计算用二进制来做的话，不用常规的十进制，机器就可以自然地计算了。坐在那个旅馆里，离家300多公里，他走出了发明数字计算机的关键一步。



两年后，阿塔纳索夫和一个名叫白瑞（Berry）的同事开始制造计算机。但 1942 年他们被征召入伍，即将完成的计算机被搁在一边，没有申请专利权。与此同时，政府开始研制依尼阿克数字计算机。它在某些方面与阿塔纳索夫和白瑞的机器有所不同，而且无论如何机器的形状要大得多。

一个尚未完成、没有申请专利的机器在知识产权之争中，是没有多大的说服力的。但在这一案件中，有一个十分重要的潜在因素在等它。依尼阿克的主要发明人之一，约翰·莫奇利（John Mauchly）早就认识阿塔纳索夫。他们不仅通信，而且莫奇利 1914 年曾去衣阿华州拜访过阿塔纳索夫整整一周。显然，最后导致依尼阿克出笼的想法来自于阿塔纳索夫。

阿塔纳索夫只用了 6000 美元的拨款就做完了全部工作。军方资助的是由依尼阿克计划，他们当时对制造大炮发射板很感兴趣，因此他们为依尼阿克投入了 50 万美元。在 1942 年这可是一笔巨额款项。

因此你下次再打开 PC 机，花 30 秒时间就完成了本来你父母要耗费整整一下午才能完成的工作时，想一想那个在 1937 年的一个冬夜理清自己思绪的人吧！想想一个人专注地看着一条黄线长达 5 个小时，直到突然间他的思绪穿透黑暗。

另一个故事与解决从左右晃动的船甲板上发射炮弹——加农炮有关。在 1812 战役中军舰从船舷侧面向附近的敌舰发射了成堆的炮弹。75 年后，舰艇装载能从炮塔发射的远程炮。从晃动的舰艇上瞄准目标，在过去相当困难，而击中 1.5 公里以外的靶子，其难度又是翻了几番的。在 1899 年进行的一次典型的实验中，5 艘美国军舰轮流向 1.5 公里外的几艘废船开炮。25 分钟后他们只击中了两炮。这时，船上的炮已配有望远镜瞄准器和能使炮手很快调整的机械装置。标准操作规程用来做有效射程校对，将炮大致瞄准，然后军舰晃动等待着目标驶入有效射程。



1898年，一位英国舰队总司令珀西·斯科特（Percy Scott）观看他的手下进行打靶演习。除一人外其余都打得很糟。这位炮手已经形成了自己特有的瞄准方法。他用眼睛瞄准的同时，不断移动大炮直到他可以感到瞄准和船体的移动是在同步进行。虽然他的所为难以把握，但是却综合运用了大多数人已经掌握的技术。他的这一举动实现人和机器的耦合。

斯科特采纳了这项技术，并且很快在射击上留下了非凡的记录。1900年一位美国海军军官威廉·希姆斯（William Sims）在远东遇到斯科特，学到了他所有的新技术。到1905年连续瞄准发射法已成为美国海军常规操作方法，这是在希姆斯学到这出力不讨好的组合革新之后的事情。

当时希姆斯试图在连续瞄准法上引起美国海军的兴趣，但一开始就碰了一鼻子灰。他被告知英国装备并不比我们强多少。如果士兵不能击中靶子，是因为他们的军官不知道如何训练他们，而且他们坦言连续瞄准射击是异想天开。最后希姆斯直面特迪·罗斯福（Teddy Roosevelt），罗斯福清醒地认识到这人身上的某些潜质，决定让他试试。他突然任命希姆斯为实弹演习总监，到1905年经测试一名炮手在1分钟的命中率比原来5艘舰艇在25分钟内的命中率要高。^[13]

那位不知名的英国海军士兵所想的不是掌握规程技术，而只是考虑如何来做自己的工作。斯科特认识到了这一举动的重要性，而希姆斯首先使这一想法得以实现。

今天我们自问如何来缩短使奇思妙想付诸实施的三个步骤。我们应该怎样避免主观束缚，从而看到新的可能性？我们如何施展或建构我们自身的能力，去识别发明创造的价值？而且如何向人们展示创造力给人们带来的魅力所在？这些任务中没有一个是容易的。现在我们回到开头提出的前提中——发明的实质就是善于惊奇，乐此不疲。因为所有的三个步骤都要求我们不断开拓自



我，对事物产生好奇，当然这是最难做的事情中的一件。

-
- [1]有关意外结果实例，参考 J. E. Cohen 的“The Counterintuitive in Conflict and Cooperation”，发表于 *American Scientist*，76,6 (1988):576-584。在我的专著 *A Heat Transfer Textbook* (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1987, Section 5.5)中，我谈到了绝缘与厚度的问题。
- [2]关于 Christopher Wren 与 St. Paul 大教堂的圆顶的关系，请参考 N. Stirling 的《工程的奇迹》(*Wonders of Engineering*, Garden City, N. Y. Doubleday and Company, Inc., 1966)。
- [3]由 Sanford C. Brown 所著的《本杰明·汤普森，拉姆福德伯爵》(*Benjamin Thompson, Count Rumford*, Cambridge, Mass.: The MIT Press, 1981)传记是迄今为止关于 Count Rumford 的最完整的历史记载。
- [4]经过 Carol Christopher Drake 的许可，这些文字引自他尚未出版的专著“Antiphon for Evariste Galois”。
- [5]有关 Evariste Galois 和 Georg Cantor 两人的生平，请参考 C. C. Gillespie 编辑的《科学传记字典》(*The Dictionary of Scientific Biography*, New York: Charles Scribner's Sons, 1974)。
- [6]美国著名诗人 M. Rukeyser 描写了 Gibbs 看似凄惨黯淡实则异常丰富的生活。参见 *Willard Gibbs* (Garden City, N. J.: Doubleday Duran and Co., Inc., 1942)。
- [7]R. Dubos 和 M. Pines 所著的《热与疾病》(*Health and Disease*, New York: Time-Life Books, 1965)里有一些对斯诺研究工作的简短描述。如想了解 John Snow 和 Broad Street，请参见 L. P. Taylor 所著的《最先死的是鼓手》(*The Drummer Was the First to Die*)。本书的描写栩栩如生。
- [8]见 M. Cheney 的《特斯拉：过时的人》(*Testla: Man out of Time*, New York: Bantam Doubleday Dell Publishing Group, Inc., 1981)。
- [9]在 E. Jakob 所著的“Max Jakob, July 20, 1879-January 4, 1955: Fifty Years of his Work and Life”中，对 Jakob 和 Boelter 两人有详细的描写。此外，在



F. Kreith 的论文“Dean L. M. K. Boelter's Contribution to Heat Transfer as Seen Through the Eyes of His Former Students”中也有记载。这两篇文章可在 E. T. Layton 和 J. H. Lienhard 所编的 *History of Heat Transfer: Essays in Honor of the 50th Anniversary of the ASME Heat Transfer Division* 中查找到。

- [10] 参见 F. Howard 所著的《威尔伯和奥维尔：莱特兄弟传》(*Wilbur and Orville: A Biography of the Wright Brothers*, New York: Ballantine Books, 1987, 38)。
- [11] 参见 J. T. MacGregor-Morris 所著《阀的发明者》(*The Inventor of the Valve*, London: The Television Society, 1954)。
- [12] 《国家人物传记字典》(*The Dictionary of National Biography*, Oxford: Oxford University Press, 1949 ~ 1950, 671 ~ 672) 对 Thomas Octave Murdoch Sopwith 的一生做了简短而全面的叙述。
- [13] 有关连续瞄准发射, 可参见 E. E. Morison 的《人, 机器, 和当代》(*Men, Machines, and Modern Times*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1995) 第二章“海战: 关于发明的个案研究”以及 R. G. Robertson 的《重型枪支在海战中的失利: 1898 ~ 1922》(*Failure of the Heavy Gun at Sea: 1898 ~ 1922, Technology and Culture*, 28, 3, [1987]: 539 ~ 557)。



第4章 平凡的世界

矛盾始终伴随在发明创造周围。发明从人脑中非同寻常的某处跃然而出后，最终停留在这个我们凡夫俗子生活的世界里。发明创造清楚地勾勒出我们共同拥有的这个平凡世界的轮廓。这种创造的原动力独树一帜，非常奇妙，然而它生长于这片坚实并且极富创造性的普通土壤之中，并在这里休养生息。

我们对了不起的蒸汽机、飞机、大教堂等称颂不已。但是请留意一下你的房间吧。我这么做的时候，映入眼帘的是纸、窗玻璃、木螺丝、铅笔刀、油漆、地毯，等等。所有这一切——除了睡在窗台上的猫——都是许多人一系列发明的产物。甚至，连猫的那一微妙姿态以及它跟我的交流方式，都可能在某种程度上是我自己凭空想出来的。

我们用心看看我们周围这个平常的世界，就会发现人类的想像力曾以何等的气魄冲破了这个世界的羁绊，我们也会意识到想像力怎样将我们生活中最基础的东西赋予无限的可能性。试着计算一下人类智慧在这个平凡的世界中的价值吧。我书架上地球仪的发明者以及地图绘制员使我有幸参观了斐济、乍得、西藏——单凭运气，我是不可能去这些地方的。我的铅笔刀上简单的曲柄装置象征着大约1200年前人类智慧的一次飞跃（我们在第2章说过这个问题）。想像力使我们生活的这个平凡世界的每个角落更



加丰富和充实。

举个例子来说，1951年一位秘书在IBM公司靠一台新型打字机，勉强谋生。但是每次她擦去错误时，打印色带上的墨水都会留下很难看的污点，深深困扰着她。沮丧之余，一种灵感迸发出来。她回到家后琢磨出了一种液体来涂改错误。这种发明的基础是蛋彩画法（蛋彩水胶颜料画法）。这个女人的名字叫贝特西·内思密斯（Besty Nesmith）。这种液体立即受到了其他的打字员的青睐。1956年起她办起了家庭手工业小作坊，为其他秘书调配这种液体。她称这种产品为“涂改液”。她的小儿子迈克尔（后来成为美国Monkees公司的创始人之一）每月帮她灌装上千瓶这种液体。

到每月的销售量达到几千瓶时，她给她的产品重新命名为“修正液”。有一天，她在上班时心猿意马，在一封公司的信件上打上了“修正液公司”的字样。她的老板解雇了她，不过这已无关紧要了。1975年，她作为修正液公司董事长退休时，公司的年产量已经有2500万瓶了。^[1]

还有一个发明能帮助我们了解人类想像力是怎样和这个平凡的世界相互交织在一起的。让我们以自行车为例，通过心理学家简·皮亚杰（Jean Piaget）与那些费尽九牛二虎之力来了解自行车的孩子们的问与答，我们可以窥视这一思维的飞跃。4岁的儿童把自行车当做一个整体看——一个完完全全独立工作的整体。我们来看看皮亚杰与一个孩子的对话：

自行车为什么会跑呢？

轮子让它跑。

轮子怎么会转呢？

自行车让轮子跑。

用什么法子呢？

用把手。



把手又怎样让自行车跑呢？

轮子让它跑。

什么让轮子转呢？

自行车。

在这个解释过程中，孩子们提到了自行车的一些零件名称，但很快就将它们抛置脑后了——因为自行车本身就是一个整体。当孩子们长到6岁时，他们开始认识零部件，但这种认识没有依据和条理性，你听听下面这一段：

什么转动了链条？

轮子。

什么转动了轮子？

刹车线。^[2]

6岁大的孩子开始逐步把自行车分解成零部件来理解自行车。当孩子们能凭记忆勾勒出自行车，能解释其各个部分是如何运动时，大多数已经快9岁了。参加皮亚杰实验的孩子们对自行车的认识过程反映了发明者最初发明自行车的迂回曲折过程。皮亚杰阐述了我们在学习用分析法对事物进行因果分解的同时，重现发明者最初的思维。

作为发明者，我们不仅要看到分解出来的各个部分，还必须能把这些部件还原成一个整体。我们必须找到能回到童年时期思维的方法，但是，一旦我们有了这个方法，对“自行车是怎样运动的”这个问题最正确的答案就是我们和自行车本身已成为一体了。发明在零部件和成品之间架设了一道桥梁。发明者最后必须忘记车轮，忘记链条，忘记扣链齿等这个令人拍案叫绝的发明物的各组成部分，最终骑着风一路飞驰而去。

因此，我们必须以通过想像力恢复我们孩提时代的天真来看待周围的世界，使我们生活中普通的沙子变成珍珠。看看你的周



圈，你可能永远也想不到那些东西是被发明出来的。有些是如此不起眼，以至于你会认为在世界开始之前，它们就存在了。看看你的钱包：真的有人想出了这样一个点子，用一种交换媒介代替实物交换和社会服务吗？货币是商品和服务的抽象形式，我们也称之为发明，这么说对吗？

当然对，只是这项发明分几个阶段才完成。第一阶段可以追溯到有史记载之初。四面八方的人们交换或者买卖他们的产品，他们急切需要一个判断标准来确定商品的价值。因此他们开始把各种商品的价值与日常交换物品如牛、金属等联系了起来。

这个交换过程的基本特征早在公元前 4000 年就已形成了，它通过使用特定金属的重量——通常为金、银或铜——为参照物。《圣经》中的泰伦 (talent)^①一词，实际上是指作为质量单位。公元前 9 世纪在地中海地区，50 磅或 60 磅（1 磅约合 0.4536 千克，下同）的铜泰伦已经成为一种常规的交换媒介了。

第二阶段是由官方担保的一种特定的交换媒介。公元前 8 世纪的中国人就有了这种官方批准的交换媒介，他们把官方批文贴在特定交换商品上。^②爱奥尼亚人在中国人之后一个世纪起开始使用泰伦。吕底亚的希腊人在公元前 650 年铸造了商品的第一枚硬币。硬币已经同实在的商品分离，但只要在一块值钱的金属片上做上标记，商品的价值就有保障了，这样硬币的进程又向前迈进了一步。短语“如克利萨斯般富有”指的是公元前 5 世纪的吕底亚国王克利萨斯，他因为铸造金币而闻名。希腊硬币很快达到了一个艺术高度，只有现代先进的造币技术才能与之媲美。

① talent，该词语现在的意思是“天资”、“才干”“才能”，古希腊时为质量和货币单位。——译者注

② 此处原文有误，我国货币第二阶段应是下文的公元 12 世纪（实际为 10 世纪），北宋发行的“交子”纸币，以铁钱作为现金准备。文中“公元前 8 世纪”中国为夏商时候，货币以贝壳、宝石、铜为媒介，应属货币发展的第一阶段。——校注



货币形成的下一个阶段是用纸币代替贵重金属。此后，纸币只具有具体物品的象征意义，其本身是没有价值的。中国在 12 世纪就发行了纸币，而欧洲在近 300 年间才敢这样做。

在货币不断抽象发展的过程中，我们进入了另一个阶段。我们将物物交换的整个过程通过电脑来实现，用电子记录方式保持畜力、人力和机械力的平衡。我们把商品和服务转化成一个个能为人们所接受的价值数字（称之为美元或元），在电脉冲作用下相互权量。我们仍旧进行交易，但是交换媒介最终变成了很抽象的东西，变得彻底地无形无影。

而这还不是抽象过程的终结，我们还有更长的路要走。更精确的价值度量方式将会出现。而下一个要出现的交换媒介肯定要把无形的信息也赋以贸易价值。老词儿知识产权，试图将信息与财富划等号，这一概念必将让位于更加合理的东西。这东西究竟是什么？可能在我有生之年这个问题就会逐渐明朗；我希望下一代人能看到它的问世。

现实生活中存在的物物交换，自由贸易，以及商品买卖仍靠货币来实现。那就是为什么货币会以惊人的直接的方式折射我们欲望的原因。试着在脑海中掂量那些硬币，你会发现它们是人类最持久的书面纪录。它们反映人类的神话和传说，它们说明我们崇尚什么，什么是美。与其他硬币相比，美国硬币比较朴素，不花哨，而那些硬币上面仍然刻着水牛、印第安人、小麦、自由女神、苍鹰及他们



货币象征具体物品的价值

前任总统们的画像。这些硬币让我们更信仰上帝，尽管这种信仰是因地而异的。



铸币技术是一种很特别的技术，因为硬币同时象征了三样东西，它们是历史的记载，艺术的杰作，当然它们同时仍是购买商品享受服务的凭证。因为（直到最近）用来铸造硬币的金属是有价值的，那么，这种凭证发行后很长一段时间都是有效的。公元1世纪，罗马帝王图密善（Domitian）铸造的铜币一直到17世纪仍在西班牙流通，直到菲利普四世最终下令收回这种硬币重新铸造。

我第一次拿着一枚古币时，其丰富的表现力深深震撼了我。这是枚公元前2世纪后期的古罗马硬币。其正面是丘比特的图像，反面是四马拉的双轮马车，为罗马战车。整个古币边缘都凹凸不平，这是古代铸币方法留下的痕迹。当年，造币者在一块空白的银片上冲模压印上图像之后，再从没有压印的边缘凿下小部分金属直到它达到所要求的重量。这个为了节省一点点银子而挖空心思的铸币过程，给了我们吝嗇鬼（penny-pinching）一词。同时这也可以说明这种银币是纯银的，而不只是在上面镀了一层银。

一个世纪以后，新的统治者恺撒大帝顶替了旧的银币正面家喻户晓的诸神。共和国变成了帝国（古老的战车存活了一段时间，因为罗马人一直热衷于战争）。^[3]

我研究了几枚当代的开曼群岛上的硬币，琢磨着开曼人的想法。钱币告诉我说他们甘愿成为英国共同体的一员。硬币有一面是伊丽莎白女王，她使开曼人的硬币增色不少。另一面是船只、鸟、虾以及开曼民族标志海龟。1000年后任何人看到这些硬币，都能通过开曼人的眼睛看到他们生活的岛屿以及岛屿上的自然风光。

最后，货币还代表了人类的杰作——我们的技术。我们对金钱的兴趣中夹杂着比单单的贪婪高尚得多的一种成分。金钱体现了我们的所作所为，而我们的所作所为说明我们是什么样的人。



用《圣经》里一句不寻常的话说就是财富在哪里我们的心就在哪里。乍听起来这有些讽刺意味，但当我们把钱看成一种自我的浓缩象征时，这句话则一语中的。最终我们在这种特殊艺术形式面前显露出我们的真面目，这也不足为奇。我们制造钱币的同时，也就铸造了我们自己和我们的价值观。

大约与古代思想家想出了用泰伦做交换媒介的同时，同在地中海东部地区的工匠们也在创造平凡世界上的一项新技术。第一批玻璃制品大约在 4500 年前出现了。

这两种技术的发展都是极缓慢的。像硬币一样，玻璃装饰品和玻璃餐具（碗、酒杯、盘子等）都是自希腊文化^①那个时代以来高雅艺术的体现。而像平面窗玻璃这种极其实用的东西直到纸币出现之后才被广泛使用。

古埃及和希腊制造商造出了天然玻璃装饰品，但是今天的最基本的钠钙玻璃——用石英沙、石灰石和碳酸钠制成——才只有大约 2000 年的历史。第一件质地纯正的玻璃制品是于公元前 300 年在当时具有希腊风格的北非制造的。钠钙玻璃接踵而至。这之后希腊人和罗马人都用这种玻璃制出了精美的餐具。很长一段时间里，这种餐具都是最普通的玻璃制品。

哥特教堂里的彩画玻璃工艺之精美，足以使我们认为那时的玻璃处理技术已经达到了一个近乎完美的高水平，实际上在当时被认为是日臻完善的甚至现在看上去也无法超越的技术，指的是玻璃着色。中世纪的窗户玻璃都能采光，但通常不够光滑透明，人们不能透过它看清事物。大教堂的窗户也是能采光的，但这些窗户的存在并不是要让教堂里的人们看看教堂外面的世界。他们做的一件绝妙的事情就是在通明的教堂为信徒们讲述《圣经》故

^① 希腊文化（Hellenistic）为公元前 4 世纪至公元前 1 世纪的希腊语言和文化，西方文明伊始。——译者注



事，他们之中大部分人都都不识字。

中世纪的吹制玻璃工制造出两种光滑的玻璃。一种是工匠将气流吹入大的圆柱体，劈开圆柱体，然后再趁热碾平。第二种玻璃称为冠状玻璃，将熔融的玻璃旋转，然后通过离心力作用将之从中心往周围散开。冠状玻璃是几个世纪里最普通的



19 世纪早期典型的冠状玻璃生产工序。
图片由 1932 年《爱丁堡百科全书》提供

平板玻璃。这种技术经过了许多重要的改良，但即使到了 1800 年时，许多家用玻璃中心仍然留有瑕疵，叫做冠纹。

18 世纪后半期，更完善但很昂贵的生产薄板玻璃的工序在法国得到发展。这个过程的第一步是把熔融的玻璃倒进一个模子里，然后需要昂贵的研磨和抛光。要能为顾客提供便宜而且质量好的家用窗玻璃，必须把熔融的玻璃碾成光滑连续的薄片。这一目标直到 19 世纪早期人类拥有现代化的机械加工流程时，随着第一块便宜的轧制窗玻璃的问世才得以实现，离现在还不足两个世纪。

窗玻璃的发明再一次提醒我们在那些我们认为不起眼的技术中曾经融入了人类多少创造天分。它是高温下复杂的化学反应和机械劳动的结晶。虽然不起眼，但是还没有几样东西像玻璃制造那样架起一座桥梁把我们与外界联系起来，为我们的日常生活带来如此的恩泽。和许多真正对人类有益的技术一样，这一技术的鼎盛时期也完全是在不知不觉中形成的。

与此同时，中世纪的工匠们在大教堂的墙壁上，用光和色以图画的形式描述圣经故事，那时欧洲经济建设中煤炭刚刚开始被



使用。虽然曾偶尔见到过古时候人们烧煤的记载，然而，13世纪后期马可·波罗看到中国人烧煤时还是感到大吃一惊。如果他当时去北欧和英国的话，同样也会大吃一惊的。那时候，英国人已能将煤用于打铁、酿酒、染色、熔炼等用途了，他们甚至开始向法国出口部分煤炭。

到13世纪，欧洲技工砍伐森林来制造水轮和风车，已经有了200年的历史。这时木材已经很珍贵，不能再用作燃料了。地表煤（因为最容易发现的地表煤通常在海边，所以称之为海煤）开始代替了它。英国当时是海运煤存储量最大的国家。我们没有“把煤炭带到纽卡斯尔”^①去的原因就是纽卡斯尔的特色就是它的周围有大片的海煤。因为当时煤炭都是露天开采，矿场约深10米，因此纽卡斯尔很快陷入到处是迷宫般水渠系统的危险境地。

海煤是一种杂质多的能源，含有许多沥青和硫磺。这从一开始就产生了环境问题。14世纪一位不知名的民谣歌手把对它的极端愤怒表现在他的歌声中，他唱道：

黑黑的裹着煤烟肮脏的铁匠，
叮当的敲击声追得我四处逃亡……
那些卑劣的扭曲的灵魂啊，
早已被呼啸的风箱刮散！^{〔4〕}

但是中世纪的人口爆炸还是逼得人们以各种方式使用这种肮脏的化石燃料。中世纪环保论者在对煤炭的使用问题上曾和中世纪的工业主义者进行了长达100年的斗争。后来直到15世纪中期，饥荒和瘟疫才结束了这场争论。欧洲人口的又一次增长使人们不得不重新转向煤炭，不同的是他们此时已经拥有了从开采金属中获得的开采新技术了。

① 英语成语“to bring coals to Newcastle”意为“多此一举”。——译者注



金属只在由纯净物质燃烧的高温中才会熔融。这项工作过去是由木炭——木材经炭化或干馏后形成的物质——一种很纯净的燃料来完成的。后来，一方面由于人口的增长，另一方面由于人们对金属的需求不断增加，木材危机再次出现，并且这种危机愈演愈烈。它促使矿工顺着煤层进入更深的地层，用开采金属的方式开采煤炭，最后他们发现了我们今天仍在使用的更纯净的硬煤。这种在地层深处采得的煤同时也取代了冶炼金属时使用的木材。

煤炭和金属吸引着矿工们进入越来越深的地层，直到17世纪，这一进程才因地下水渗出而受挫。可是我们的祖先们这时候开采原料和金属的胃口大开，于是他们饥不择食、肆无忌惮地大量蚕食自然资源。这一切对我们来说，是太熟悉了。人类创造力使人产生新的欲望，而人类欲望最终又从新的创造力中得到满足。接下来，让我们看看人类是如何用最佳的方式来满足自己的欲望吧，这种方式既触目惊心又振奋人心。

众所周知，制造水轮和水车不是造成森林大面积萎缩的主要原因，它的毁坏力远远小于人们对森林的滥砍滥伐。北欧的早期发展靠的是富足的木材资源，木材经济在大量的书籍中都有记载。但人们对于制造风车、齐本达尔式木椅或早期美式书桌的“工具”则知之甚少，史密森博物馆（Smithsonian）^①几年前出版了一本关于手工劳动工具的集子，这本书弥补了这一缺陷。^[5]该书收集了从17世纪到20世纪早期的工具——纵横工业革命前后各100多年，跨度为300多年。这些工具栩栩如生地折射出产生这些工具的时代。

绝大多数木工工具都是从这一阶段延续下来的，丝毫没有改

① Smithsonian Institution: 由英国科学家 Smithson James (1765 ~ 1829, 菱锌矿发现者) 捐款建立的美国博物馆，内容涉及美国历史、艺术、科学、技术及文化。——译者注



变其最基本的特征。17世纪的刨子、锯条、夹钳和凿子等虽然在外形上有所改变，但是它们本身的特性使我们一眼就能认出它们，在那个阶段只有一种具有新功能的工具出现——螺丝锥，所有工具中我最不能想到的，如今我们很少能看到它了。

到19世纪，金属用来制造木工工具的范围扩大，以及工具的质量也有了很大的提高。我们发现了所有优良的各种型号的螺丝刀，而在此200年前这些工具压根儿是不存在的。手工工具整体上开始呈现了一种新时尚。好像几乎连家具上优美的线条都被这些工具抹掉了。今天斧子的波状手柄——尾部弯成曲线以便工匠们能紧紧握住——是19世纪登场的。人们看见木匠使用的锯的手柄上的那个舒服的手枪式握把也出现在这一时期。

这些变化开始于18世纪，那时人们已经开始视工具为仪器了。也许18世纪科学的气息吹入了木匠的店铺里，这些年间出现了大量时髦的新型高精度度量仪器，加入手工工具的行列，如神奇的弯脚规和圆规。并且手工工具本身也开始像科学仪器了。我们现在还可以见到100年前的由重铜制成，带有离合器、棘轮的手摇钻机，钻机的手柄上涂了黑亮的日本漆。你还记得可爱的旧木制刨子吗——用铜和钢制成，有精确的调节纽和形状优美的木头手柄？

我们仍然在做木工活儿，仍然在使用双手雕琢木材的过程中寻找着初始的乐趣，不同的是我们现在使用电动工具。工具是我们密不可分的资产，它们也折射出我们看待自己的方式。我可能有些怀旧：会怀念那些世纪之交的工具和失去的木材、钢、铜以及它们的形状所构成的和谐。但是在关键时刻我们仍是现时世界的生灵，我们要打孔钻洞的时候想到的还是电钻。

接下来要说的是，这个平凡世界里真正的最基本的技术。和木材一样，纺织工业也是一个具有悠久历史的题材。几个世纪来，在纺织品使用过程中有一种不可或缺但又不起眼的元件——



普通的大头针。一首古老的童谣这样唱到：“缝衣针，大头针，缝衣针，大头针，讨回老婆麻烦兴。”——一个人结婚之时就是他的麻烦开始之时。地位低下的裁缝们使用的大头针曾经被用来比喻平民百姓的家庭必需品。19世纪初大多数人自己缝制衣物，裁裁缝缝当然需要大头针。但大头针很不容易生产。人们曾经在家庭生产线上用手工制成，每个人做一道工序。18世纪诗人威廉·考珀（William Cowper）在他诗文《不可思议》中描写了一个由7个人组成的大头针生产线：

兄弟有7人，
打造大头针。
老大炉边熔铜，
老二就热抽丝，
老三挥动大剪，
金丝段段成天兵。
老四擦垢整装，
叫它金光锃亮。
老五巧手制帽，
老六智嵌皇冠，
老七更是神奇，
让它顷刻锐利。

但是大头针的生产过程实际上比考珀说的七道工序要复杂得多。18世纪经济学家亚当·史密斯描述了大头针生产过程中的十八个分级的步骤。这有些出人意料，小小大头针的生产竟是19世纪早期工业革命所追求的批量化生产的先驱之一。

头三次申请大头针自动生产机器专利权分别是在1814年，1824年，1832年。最后的这一次是真正成功的一次，由美国物理学家约翰·豪（John Howe）取得专利权。1841年豪的机器得以



全力使用。把它称为“机械智慧的奇迹”一点都不过分。这种机器先吞进铁丝，然后经过许多不同流程，最后吐出大头针，这是一台完全自动化的机器，由一套复杂得几乎令人眩晕的齿轮、偏心轮带动。

当豪的机器投入生产后，生产过程中最麻烦的一步不是大头针的制造，而是包装。你可能听过古代歌谣这么唱：“我给你一包大头针，我们的爱就这样开始了。”完工的大头针用纸包装时必须露出两端，以便顾客能看清楚针头和针尖。豪花了好长一段时间使这部分操作机械化。在此之前，大头针被送到包装工人那里。包装工人经营的是一种动作缓慢的家庭手工业，豪对这种操作鞭长莫及。^[6]

我们就这样生活在伟大发明的光环中——蒸汽机和太空飞船，基因重组，光学纤维。大头针是又一项服务于人类的技术，为我们解决了把我们的生活复杂化的难题。如果你家里的电视机和门把手损坏了，你会先换哪一个？让穷苦的裁缝们能轻易买到大头针对 19 世纪生活和社会安康来说都是幸事。

当我们谈论使人从一处到达另一处的技术时，我们难免失却对平凡世界空间轨迹的把握。我们在已经谈过汽船、汽车、飞机之后才发现我们忽视了与我们生活中每个人都紧密联系着的交通工具。开始时，我们曾经讲到自行车，因为它代表了人类思维的一般特征。现在我们重新谈起它，因为它具有一切交通工具的普遍特征。

很奇怪，自行车的历史居然与人力马车密不可分。它们一起共同象征着穷人与富人获得自由活动的方式。19 世纪早期，各种新蒸汽交通工具层出不穷。最初，蒸汽汽车与火车比赛，但火车赢得了比赛，因为人们出门办事坐火车很便宜，而这一点蒸汽汽车望尘莫及。

火车受铁路的限制，而人们又喜欢自由自在地走自己的道



路。新的快速交通的梦想必须个性化，如果答案从蒸汽汽车那儿找不到的话，那么就求助于自行车了。在1816~1818年，苏格兰人、德国人和法国人制造出了原始的自行车，都是让人坐在前轮和后轮之间的车座上，像走路似的双脚着地，推动车前进。这种形式的自行车是老生常谈。在文艺复兴时期，玻璃彩画和庞培壁画甚至在埃及和巴比伦的浅浮雕里都可以找到它的踪影。

但是，1839年左右，苏格兰制造者迈克米兰（Macmillan）在他的“木马”——他自己这样称他的老式自行车——加上一个装置。他加上了脚踏传动装置来驱动后轮——像你自行车上用脚蹬子制动的链条。特别奇怪的是这个想法竟然没引起人们的注意。直到1866年脚蹬子才出现在前轮上，就像我们孩提时代骑的三轮车一样。

前轮脚蹬子出现之后，自行车开始被广泛使用。但是这也导致了前轮变得越来越大，因为轮子越大，脚蹬于每蹬一下自行车就能走得更远。它导致自行车不稳当，很危险，像许多柯里尔（Currier）和艾夫斯（Ives）版画中的那样——自行车有着巨大的前轮和细小的后轮。人们称这个改进后的车型为普通型自行车，有人戏称之为“一便士—四分之一”式，因为它的两个轮子看起来像一大一小的英国老式硬币。这种普通型自行车太不安全，最后终于被一种所谓的安全自行车——带有两个相同大小的轮子，后轮由链条和扣链齿带动——所淘汰。这种安全性自行车同迈克米兰46年前设计的木马式自行车类似。大约1885年投入生产，很快它就替代了普通自行车的位置，从此为现代自行车的设计基本上定了型。

因此，现代自行车随着燃油汽车一起进入20世纪，它赋予那些买不起汽车的人以自由。现在，他们也能想去哪儿就能去哪儿。噢，仿佛我又体会到我们小时候第一次得到自己心仪的自行车的那种自由的感觉。它们让我们像风一样飞翔，随心所欲，简



《世纪杂志》1896年9月文章《自行车展望》的箭头插图
夸张地显示了普通型自行车向新型安全自行车的过渡过程

直妙极了。

最不起眼的平凡技术直到与我们分开才为人们所知。关于人类探险，寻找新的定居点的文学作品描写了人们用自己的智慧把最基础的技术用于改造新环境的各种巧妙方法。艾伦·莫利（Ellen Murry），那时在得克萨斯公立博物馆之星工作，他曾经写过一些关于这块未开垦的荒芜之地上早期技术的著作。

1836年，得克萨斯共和国从墨西哥分离出来，成为一个独立的民族。这是一个未开化的居无定所的民族。早期的得克萨斯人对早夭采用公示的形式，哀悼死者以及追思死者而举行追悼的活动都是基本的社会活动。人们对于死前的准备工作，陈列死者，运送和埋葬死者的行业异常热心，几乎到了令人不安的地步。死亡是如此平常的一件事，女人们在15—19岁结婚，然后生养许多孩子，以期通过这种方法延续生命。正常情况下，能够逃过新生儿死亡关这一劫难活下来的也只有六七个孩子。得克萨斯边界地区的妇女们——尽管她们的丈夫常年在外，还是能够应付一切——养育子女，教育子女并且赋予他们文明。

这些移居居民几乎接触不到任何先进的医疗技术。他们尝试排除身上任何不舒服来消除疾病。他们利用中世纪的治疗办法，如放血、催吐和通便等。常言说“催吐剂和泻药”指的就是得克萨斯边界地区治疗疾病的全过程。



人们也认识到没有去麸的全麦粉对消化系统很有好处。这一主张的主要传播者是西尔威斯特·格雷厄姆（Sylvester Graham）——格雷厄姆薄脆饼干的提倡者。他还提及这种面粉能减少人们的酗酒量，抑止躁动的性冲动。洗澡也是一种医疗方式，除了治病，它在日常生活中几乎没有其他作用。1840年一位作家抨击澡盆，称其为“从英国传来的享乐主义的一项改革，它是专门用来腐化朴素的共和国人民的”。早期得克萨斯人饭前洗手洗脸很正常，但一年甚至更长一段时间内不洗澡也是正常的。

烟草，特别是咀嚼烟草是早期得克萨斯人必备物品。孩子们也被教会食用烟草。痰盂是一种必备的设备。一个去得克萨斯国会的旅游者说：“看国会议员咀嚼烟草和吐出烟草渣的姿势简直是一种罪过。”奥斯汀的一个教堂贴出了这样一个通告：

你，毒草的嗜好咀嚼者，
未清理干净你们的肮脏的嘴之前，
不得进入上帝居室之门。

得克萨斯共和国只有不到10年的历史。无论你从任何角度审视之，这儿的人们都是粗暴的，独立的，适应力很强并且性格各异。我们看一下他们日常生活的方式——粗糙的技术，他们在这片一望无际、冷酷无情的土地上用来夺得自由和取得美好生活的技术——就知道他们是什么样的人了。^[7]

最后简单地看一看那些最普通的技术中的一个，废物处理的技术。每次我教科技发展史，就会有学生告诉我——常常带着诡秘的微笑——抽水马桶是19世纪一位叫托马斯·克莱伯（Thomas Crapper）的英国人发明的。实际上，他没有真正发明抽水马桶，但他的名字与抽水马桶的问世确实是密切相关的。

现代抽水马桶由三个最基本的部分组成：水箱底部的水阀，冲水系统，还有一个回输控制器，以便控制下次冲洗需要的水



量。在伊丽莎白女王时期，她的侍臣，一位名叫约翰·哈里顿（John Harington）的诗人。将前两部分结合了起来，进一步完善了这项技术。第三部分——飘浮式水阀再注水反馈装置——在19世纪被安装进去。实际上，抽水马桶是工业革命的一个重要标志。因为液体量的自动控制这一重要的概念在蒸汽机和新型厕所水箱中同时出现，使这种技术与蒸汽时代紧紧地联系起来。

托马斯·克莱伯是个了不起的人物。他于1837年出生于英国的约克郡，那时第一个抽水马桶早已投入使用。华莱士·雷本（Wallace Reyburn）在《自豪地冲刷》一书中，戏说了他精彩的一生。托马斯很小的时候就跟人学徒当水管工。30岁时，他已经在伦敦创立了自己的事业。到1910年去世前，他完善并且生产了大量各种各样的卫生设备。他拥有许多专利权，实际上是开发现代抽水马桶过程中一位充满创造力的重要人物。

但是他真是用自己的名字给那些系统命名了吗？雷本说许多第一次世界大战时的美国士兵是乡下人，他们从来没有看见过那么高级的英式厕所这样的东西。像英国人以胡佛做吸尘器的商标名称那样，他们用克莱伯指代抽水厕所。这种解释就带来了一个问题，因为可以肯定地说 *crappe* 这个词来源于13世纪安格鲁-萨克逊词，它指谷壳或其他任何废品。这个词的现代词义一定也是在托马斯·克莱伯之前就出现了。因此克莱伯不是抽水马桶的发明者，他也不可能以自己的名字命名之。他做的一切的确只是让这一技术发扬光大。^[8]

托马斯·克莱伯的故事指出了历史学家必须注意的一些事情。历史上时不时会出现一个纵然是不实之词，人们也觉得是非常美好的故事——它的构思如此惟妙惟肖不得不信以为真。谁会去宣称根本没有任何苹果掉到艾萨克·牛顿的头上或者的确乔治·华盛顿并没有砍倒樱桃树？那些坚持说托马斯·克莱伯没有真正发明抽水马桶的迂腐之徒太没幽默感了！



既然垃圾处理是全世界共同面临的问题，人类学者借助它提出了一个任何历史学家不可避免地要回答的问题：在某一特定时期人们生活状况是什么样的？如在古罗马，中世纪的一个城堡，抑或是我们现在说的这个例子，这个早期得克萨斯豪宅里的生活是什么样的？内陆生活很原始，但加尔维斯敦（Galveston）则应另当别论。加尔维斯敦是得克萨斯的一个重要海港，一个环境优美高雅的商镇。只要对该城市的旧式厕所进行发掘分析，便可了解当时的加尔维斯敦人的生活是多么富裕。

阿希顿庄园经受住了 1900 年可怕的加尔维斯敦飓风的洗劫，至今完好无缺。这栋庄园是詹姆斯·布朗建造的。他内战前蓄养奴隶，是一个很富有的商人。这栋庄园构造精良，因为布朗使用了奴隶工匠的手艺，而不用机器生产出来的建材。城镇考古学家得克萨斯·安德森和罗杰·摩尔已教会我们怎样从房子本身挤兑出它自身的故事。这个旧式室外厕所——被填埋后长久被遗忘——成为人们窥视过去的窗口。它不只是一个户外小屋，还是一个综合性垃圾场。它是一个已停止腐败的其大无比的地洞，我们可以



阿希顿庄园室外厕所中发现的物品：烟感器，香水瓶，酒壶和药瓶，还有刷制精制的肉骨头（照片使用经得克萨斯·安德森允许）

可以看到它有许多垃圾层，反映了从 19 世纪 50 年代后期直到维多利亚晚期这一阶段的人们生活水平。

加尔维斯敦安然度过了内战，布朗也同样幸运，而大多数南方人却没这么好的运气。内战结束后，他用许多精美的欧式瓷器布置了住宅。他的家人吃的是几寸厚的 T 字形的上等的牛排。他



们鄙视鸡肉和猪肉。他们喝高级葡萄酒和科涅克上等白兰地，但不喝烈性酒。女士们使用进口法国香水和昂贵的面部紧肤水。布朗的商务涉及向美国西部销售最新技术。他的豪宅里陈列了最时髦的一些物品——加尔维斯敦的第一个抽水马桶，以及爱迪生几年前才发明的刚刚出现的第一批电灯泡。

透过这些百年瓦砾，我们开始感受其华丽，觉察其浓郁的地方色彩，并且身临其境地去认识那些实实在在的人们。我们对暴虐专政和布朗所代表的见识做合二为一理解。因为仅仅说他剥削奴隶或者说他将技术传播到西部，就好像是试图通过运动专页的统计数据来了解垒球一样的肤浅。当我们有幸透视这堆垃圾时，目睹主人的客厅或者仆人们的陋室之间的默契，足以作出某种诠释。

创造了历史的地方就会向人们展现这一历史。我们在寻找历史的同时，最后发现历史已融入到这个平凡世界里最平凡的东西之中。国王和皇帝的出现只是为了给我们的世界定型。技术、文化以及每段历史的幽灵都源于人类社会。要认识他们，我们必须认识这个平凡的世界。

拥有对人类生活中平凡的东西的洞察力，就好像可以聆听野草在生长，麻雀的心在跳动。如此，就是死于这种宁静背后的喧闹，我们也心甘情愿了。

——乔治·艾略特

《三月中旬》，第二十章，1871

[1]有关修正液的发明详见 E. A. Vare 和 G. Ptacek 的《发明之母》(Mothers of Invention, New York: Quill, 1987)。



- [2]关于儿童和自行车的材料来自于 J. Piaget 的《儿童对物体结构的认识》(*The Child's Conception of Physical Causality*, Totowa N. J.: Littlefield, Adams & Co., 1969)第三部分。
- [3]J. Porteous,《古币》(*Coins*, London: Octopus Books Ltd., 1964)。
- [4]关于煤炭的详细材料见 J. Gimpel 的《中世纪机械——中世纪的工业革命》(*The Medieval Machine: The Industrial Revolution of the Middle Ages*, New York: Penguin Books, 1976)第4章。
- [5]P. C. Welsh,《木工用具大全:1600~1900》(*Woodworking Tools: 1600~1900*, Washington, D. C.: Smithsonian Institution, 1966)。
- [6]S. Lubar,《19世纪大头针工业文化和工业结构:约翰·豪和他的制造公司》(“Culture and Technological Design in the 19th-Century Pin Industry: John Howe and the Howe Manufacturing Company”, *Technology and Culture* 28, 2[1987]: 253~258)。
- [7]关于得克萨斯共和国的深刻印象主要来自于 E. N. Murry 的《共和国的历史》(*Notes on the Republic*, Washington, Tex.: Star of the Republic Museum, 1991)。
- [8]W. Reyburn,《自豪地冲刷:托马斯·克莱伯的故事》(*Flushed with Pride: The Story of Thomas Crapper*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1971)。



第5章 科学家族内的联姻

直到近代，古拉丁语“scientia”才逐渐用来指称有规律性的知识。伽利略当时肯定没有称自己是科学家，牛顿和莱布尼茨（Leibniz）也没有，甚至距今200年前的拉瓦锡（Lavoisier）只称自己为自然哲学家。然而，在自然哲学向现代科学倾斜的巨变中，他们每个人都功不可没。

这种转变是个复杂的过程，简单说来，它又可以叫做科学方法的进化。这一过程始于14世纪80年代，那时印刷技术的出现使图书有了插图，从而第一次出现了对所观察到的世界进行精确的记录。然而到那时，先是基督徒，继而是穆斯林教徒们一直都信奉着柏拉图学说，认为获得真理应该通过演绎而不只是观察。

16世纪，一些新的观察科学，比如植物学、解剖学、解析几何、地理学和人种学等陆续成形。经过一系列大胆的改革，新的印刷术和插图说明震撼了处于柏拉图思想统治下的世界。于是，在16世纪早期，伽利略和培根（Francis Bacon）各自把正在进行的变革总结成文。在探索这一新科学的研究方法方面，伽利略的功绩无与伦比，而培根则为新科学的建立奠定了哲学基础。

1620年，培根在他的《新工具论》（*Normum Drganam*）里措辞准确地写下了关于自然的新观点。他说“自然能够创造或产生的事物应该是被发现的，而不是靠人为的想象或靠人发明出来



的。”这对柏拉图主义的信仰“真理应该存在于人的思想里”直接提出了质疑。在此之前的一个世纪里，一批新生代科学家一直都在琢磨怎样才能比中世纪的科学家更清楚地解释现实世界中的事实。现在培根明确地告诉我们，经验事实才是进行科学研究的惟一正确方法。

1600年后的欧洲获得了两种崭新的研究工具，这两种工具使科学逐渐摆脱中世纪的思维定势。而新的测量工具的出现则使人们从原有科学方法转向观察科学的方法。钟表制造技术使得机械制造的精度提高了。接踵而来的17世纪又给我们带来了望远镜、温度计、真空泵和显微镜。

同时，与科学研究方法的巨变有着更为复杂关系的另外一股主要力量也在蔓延繁荣。新兴的实用数学给外行提供了计算方法，可是，数学本身隶属于柏拉图学说，是人类的一种心智过程，与外部世界几乎无关。同时，数学又是确保做到绝对客观陈述的根本途径，因为数学的结果很难融入人的一些主观情绪。

实验室里在应用了新的数学和仪器后，科学不仅在处理外部事物时有了优势，同时也更有利于它参与技术工作了（所谓技术，说到底就是操纵外部现实、外部事物的方法）。早期的自然哲学家们没有看到他们的工作与制造东西之间有什么联系，然而从现在起描述世界的活动和创造人类生活环境的行将即将结成伉俪。

它们的结合带来的最初产物便是建筑。中世纪的泥瓦匠几乎不再采用希腊人那种大圆柱式的一维石砌方式，也摒弃了罗马人那种拱形圆顶式的二维建筑。他们掌握了如何在穹窿顶上佐以结构复杂的建筑横梁，也掌握了如何建造螺旋形楼梯，以及如何把拱顶盖成角度各不相同的相交状。然而当时，他们在建筑中并没有使用形式几何。

几何一直是中世纪经院哲学的核心，但几何只是作为一种逻



辑思维的练习，而不是制造东西的方法，但到15世纪末，数学最终被应用于建筑技术之中。随后出现了一种建立在精确的几何方法上的新型的巴洛克式的建筑风格。于是，建筑家就开始借助于智能器械来设计奇特的空间形体：筒式穹窿、斜拱、螺旋体，以及经装饰过的中世纪式的内角拱。所谓内角拱，也就是在两面墙相交的墙角处自然形成的一种圆锥形拱顶。它是一种美观而复杂的空间支撑体。只需想想，要把石块堆砌成这样的形状，光砍削石块就得费多少心思啊！^[1]



喇叭形内角拱，引自《建筑学系统分类辞典》，1868年

除了这种由数学推动的现代观察科学和巴洛克式流体建筑形式的结合之外，科学技术还有许多类似的联姻。这些婚姻无一例外，都结出了累累硕果：它们这种对手之间的结合往往会令人想起古罗马角斗场上一方拿着三叉戟，而另一方拿着盾和短剑——两个对手完美的势均力敌，但双方都保持着自己的本色，并且都保存着格斗的实力。

在过去的整整4个世纪中，科学和技术始终给人一种必要的张力，以促进人类思想的进步。现在，那些流氓和工业的形象宣传者们到处鼓吹着这两个势均力敌的对手之间的奇异合作。然而科学和技术所取得的成就并不仅仅来源于它们的合作而是来自某些更深层次的东西。正是由于这两个易怒的老伙伴，我们的世界才会如此丰富多彩，尽管它们不愿意承认，若失去了任何一方，它们俩都无法生存。

伽利略生活在1564~1642年，他身上完全体现了这种矛盾。年轻时，与他同时代的英国人罗伯特·伯顿（Robert Burton）对亚里士多德关于物体如何降落作了如下描述：



一切都会有自然的归宿，
如同重物朝下落，
火苗向上窜，
河流入海洋。^[2]

亚里士多德坚信，重的物体在寻找自然位置的过程中较轻的物体要快，这是物体运动的本质——即重的物体下落得快。

伽利略大约 26 岁时在比萨大学教数学，这时他对落体的速率问题产生了兴趣。他觉得如果亚里士多德是对的，那么一个不受空气阻力的物体的下降速度似乎就应该和它的密度成正比。他决定用实验来证明亚里士多德的经典理论。

但在伽利略的时代，从来没有人做过或描述过类似的可控型科学实验。因此，按今天的标准来看，伽利略对实验的描述模棱两可。事实上，他并没有真正宣布曾经做了那个实验。在他的《两种新科学的对话》中，他所做的陈述既掺杂了演绎的味道，又糅进了观察的色彩：

显然，一个金球和一个铜球同时从 100 布拉齐奥^①
的高空落到地面，前者不会慢于后者 10 厘米。因此，
我的结论是，如果不存在介质（这里指空气）的阻力，
所有物体会以相同速度下落。^[3]

读到这段对话的时候，你根本搞不清楚你是在读亚里士多德的观察呢，还是在读柏拉图的思想实验。伽利略好像从一座塔上放落两个球，一个是橡木的，一个是铅的，但两个球大小是多少？塔又是什么塔呢？如果他真是在塔上做的实验，那一定是比萨斜塔。由于伽利略的口气颇像柏拉图主义者，科学史家们无法

① 布拉齐奥 (braccia)：长度单位。据其他资料记载，伽利略是从 54.5 米的比萨塔顶向下放落两个球的，故可知 100 braccia 约合 55 米。——校注



知道到底他是否确实做了那个实验。或许他只是预测了一下该做的事而已，因为他周围的柏拉图哲学家们正是用预测的方法来研究自然的。

实验的诸多结果中，有一项使伽利略深感惊讶，同时也使我们很吃惊。伽利略发现，重球首先着地，但也只是比轻球略快一点。除了这个小小的区别——他把它归因于空气阻力——两个球下落时的速度是相同的。这使他大为震惊，并促使他抛弃了亚里士多德的运动理论。假如他真做了那个实验，那么就该把它看成是科学研究领域里的一个转折点！

但令我们震惊的是，在放落了两个球后（伽利略说的那句话），轻球下落的时间早于重球，重球后来才赶上了轻球。这在已知物理学领域里是无法接受的，于是物理学家托马斯·赛图（Thomas Settle）和唐纳德·米克里奇（Donald Miklich）重新做了这个实验。他们让一位助手把直径约 10 厘米的铁球和木球托在一手臂高的位置，正如伽利略在比萨斜塔顶把球支出塔栏杆外一样，然后用一架慢镜头照相机拍下了整个下落过程。在仔细研究了照片以后，他们证明了，当某人同时释放两个球时，紧张的肌肉总会使得他先释放较轻的，对于这一点，伽利略一直被蒙在鼓里，一无所知。因此，伽利略的精确预测正好和实际相符。这样我们就可以确信无疑，伽利略的确做了那个实验。^[4]

人们最终证明伽利略的斜塔实验不是个寓言故事，而是初期的可控科学实验——伽利略正是用这样的方法成为向亚里士多德挑战的第一人。“亚里士多德科学”一词可能会令人困惑不解：中世纪的柏拉图主义科学是建立在亚里士多德的知识体系上的，在很多方面是对的，而有些方面又是错的。但中世纪科学家都没有发现亚里士多德用于获得知识的观察方法，更有讽刺意味的是伽利略又用亚里士多德的这个方法纠正了亚里士多德的真实标准问题。



于是，一批新生代科学家开始重写物理学。譬如，柏拉图主义者有句名言“自然惧怕真空”。在伽利略时代，这是自然哲学家公认的常理，并且是他们去探索事物的本质的准绳。例如，当某人用稻草吸水时，自然对真空的憎恶感就充分表现出来了，因为自然正是借助吸管中水的上升而排除了真空。

有一则关于佛罗伦萨的几个工程师的故事，他们想从一口深矿坑里抽上水来。尽管他们费了九牛二虎之力，也无法将水



慢镜头照相显示轻
球总是先于重球脱手

抽过 10 米的高度。现在我们知道，大气压只能把水压到那个高度，再也多不了了；但那时却是没人知道的。于是他们去向伽利略请教。伽利略讪笑着说，自然的憎恶感似乎还没超过 10 米吧！

其实伽利略没告诉他们，在他们提问的时候，他自己也正在试图搞清楚大气压和真空的问题。1641 年，也就是他去世的前 3 个月，他雇了个年轻的助手，艾凡奇里斯达·托里拆利（Evangelista Torricelli）。两年后，艾凡奇里斯达·托里拆利发明了气压计，并估测到了大气压。今天我们以他的名字托（Torr）^①命名了大气压的单位以纪念他的功绩。

在萨克森区的马格德堡，一位有影响力的公民奥托·冯·盖瑞克（Otto von Guericke），也对大气压产生了兴趣。他不但研究了伽利略和托里拆利所做的工作，同时还在马德堡的政府部门工作。事实上，1647 年的时候，他当选为该市市长。大概就在这个时候，他发明了一台真空泵，并用它做了很多神奇的事。1654 年，奥托·冯·盖瑞克给马德堡的公民上了一堂著名的关于大气压

① 1 Torr 大气压为 133.322Pa，“托”作为气压单位目前已不使用。——校注



的课程。他做了两个空心半球，直径为 50 厘米。把它们合成一个球后他又抽出了里面的空气，接着就试着让 16 匹马——每边各 8 匹——把它们拉开。但这些马却无能为力，因为要分开这两个半球，需要花上 2 吨多的力才行。^[5]

这次实验，表演的成分似乎远远多于科学的成分，但它却达到了宣传科学的目的。盖瑞克向世人证明，人们感觉不到的气体能产生某种神奇的力量——这种力量总有一天会被人类利用起来。17 世纪，所有的人都在努力探索如何利用这些力。终于，在 1698 年，托马斯·塞弗利（Thomas Savery）利用压缩气体产生的真空制造了一台实用抽水泵。仅仅几年以后，托马斯·纽卡门（Thomas Newcomen）用同样的原理制造了一台蒸汽机。于是，瞬息之间，新一代的动力竞赛悄然兴起了。

盖瑞克做的 16 匹马的奇特小实验，尽管现在的动力发电厂的发电量达数百万千瓦，从某种意义上说正是我们现代发电厂的前身。因此我们说这个实验告诉人们，科学已经在真正意义上开始左右技术发展的进程了。

弗兰西斯·培根不仅呼唤人们摆脱柏拉图主义的思维方法，而且还亲自主持了科学和技术的婚礼。1620 年，他向传统思维方式发起挑战时，立即就引起了纷纷议论：“现在，人类对自然的控制仅仅在艺术和科学方面，因为只有按照自然规律办事才能使自然服务于人类。”在当时，这可是一个非常激进的观点，因为在那时，自然哲学家和产业者各自生活在不同的世界之中。因此，直到两个世纪之后，科学和技术的联姻才被世人所接受，而第一次新技术革命也是在历经一代人之后才由一个物理学发现直接引起的。当时由于人们想改进钟表的精确度，于是革命也就顺其自然地发生了。

任何一个机械钟的核心是擒纵器——一个内部机械装置，它以固定的节奏摆动。在 1585 年伽利略年轻的时候，一种中世纪



的杠杆钟（见下图）使用得最为广泛。^[6]

那年，伽利略发现，不论其摆动幅度有多大，一个小摆在柔和地摆动时，摆幅的触点和周期总是相同的。由于每个摆动周期总是相同，甚至在摆动减弱的过程中亦如此，于是它就成了一个理想的擒纵器。摆每次摆动后都能保持大部分的能量，而杠杆钟每次摆动后能量就完全消失了，所以它很快就会停止摆动。^[7]



一台仿制的伽利略时期式的杠杆钟。所谓杠，为顶部的一根重量稍杆。它由于惯性而有节奏地来回摆动。所谓杆，就是带有两个细棘爪的竖直杆，由杠来引动。工作时，两个棘爪依次地作上下运动，从而牵动附着在顶部的齿轮。这就是杠杆钟的工作原理。

伽利略去世前一年，他儿子文森佐（Vincenzo）用钟摆摆轮制造了第一台摆钟。（为避免名字引起误会，笔者需指出伽利略著名的父亲名字也叫文森佐。）接着在17世纪后期，荷兰和英国的科学家惠更斯（Christian Huygens）与罗伯特·胡克（Robert Hooke）接着文森佐的工作改进了钟摆理论，设计出了更加精确的时钟。

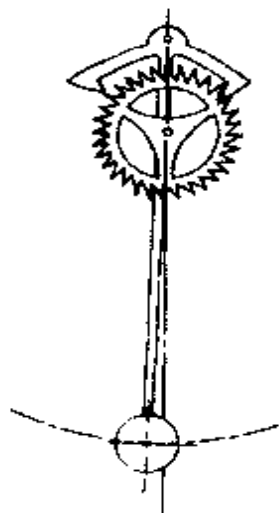
从此，技术人员对培根的良言崇尚有加：假如我们要征服自然，首先得了解自然。现在的工程专家们个个都是用科学武装到牙齿的人，我们的目标仍然是制造东西。但为达到目的，在我们努力试图控制自然之前，必须首先了解自然法则，服从自然法则。

17世纪的时候，越来越多的科学家开始自觉接受培根的观点。罗伯特·胡克（Robert Hooke）生于1635年，在展示培根的



观点方面他的贡献无人可比。胡克博学多才，在光学、机械、地理、建筑、材料科学、钟表制造、古植物学以及在微生物学方面都有许多重要的建树，在作为一名科学巨匠的同时，他的一只脚仍牢牢地扎根于技术领域。

艾萨克·牛顿仅仅比罗伯特·胡克小7岁，但他受培根的影响却要小得多。牛顿更钟情于严格的抽象思维，认为技术只不过是一些干扰因素。他努力把科学和纯数学相联系，并且对坚强、严格态度欣赏有



典型的钟表摆轮简图

加，却对罗伯特·胡克有关理解的一通话不屑一顾。诗人亚历山大·蒲柏（Alexander Pope）至少从心里明白当时究竟发生了什么事。他给牛顿写的墓志铭，在讲到牛顿提出的专一化科学思想时如此写道：

一个天才只能适合一门科学，艺术是丰富多彩的，
但人的智慧却是有限的。

牛顿和胡克最终还是免不了一番唇枪舌剑。1675年，当牛顿转向光学研究时，他对胡克在这方面所做的重要工作却没有提出质疑——尤其是胡克在复合显微镜的发展和应用方面。胡克对他的怠慢略有不满，而牛顿则是怒目相向。当时牛顿的盛怒能凌驾于一切争论之上，而胡克则一直是皇家学会的终身会员。直到1703年胡克去世，牛顿才成为这个学会的主席。接着，他开始重整学会，部分原因在于埋没胡克的学说。在牛顿当权的24年间，胡克的许多学术资料都失散了，他的研究设备也任其腐烂生锈，更没有人提及他的名字。^[8]

牛顿是当时的伟大智者，但他对胡克的反感却绝对地出于主



观判断。尽管他故作谦虚地说他只是站在巨人的肩膀上才看得更远，实际上，他却把眼前的培根主义的先辈们看得微不足道。为了维护自己，他说，科学不能总是和技术过分亲密。在某些方面，胡克的人文主义的博学也不得不向更为集中和专一化的科学形式低头。

牛顿虽然努力地重新把科学归属于人的思辨，但是培根关于科学必须服务于技术的观点到了20世纪，还是以势不可挡之势重新回到了人们身边——似乎略有矫枉过正之嫌。历史学家最终还是开始重新挖掘胡克在科学领域里令人称奇的那段历史，从而使人们能够重温这个延续了一个世纪之久的柏拉图学派和亚里士多德学派之争的故事。

这种科学方法之争——培根主义对炼金术，柏拉图的演绎法对亚里士多德的观察法——在化学领域里或者说在柏拉图式炼金术中表现得最为明显，前者是从后者发展而来的。虽然牛顿那时代的科学家批判炼金术，但炼金术对西方人的想像力仍然有巨大的影响。耐人寻味的是当时牛顿仍称自己是炼金术看，并且对此大量立笔落墨。

一谈及炼金术，我们会很容易把它想象成魔术师试图把铝变成金子的把戏。真正的炼金术是一门化学研究，它从公元前3世纪开始，延续了2000年，这个名词大概来源于希腊文“kemiya”，意思是“使事物变质或改变”。那就是炼金术的内容——将物质转化为其他物质，这与现代化学几乎毫无区别。

炼金术成形于亚里士多德确定了一个观点之后，这个观点是在他之前的一个世纪由恩培多克勒（Empedocles）提出的——任何物质都是由土、气、水、火四种元素组成的。亚里士多德猜想这些元素可以通过加热冷凝或潮湿干燥的作用而发生变化。这个观点先由希腊人后经阿拉伯科学家的不懈努力得以不断发展，但有时也免不了被利用到玄学派的骗局中去。在这以后，务实的罗



马人却对它毫无兴趣，因此当罗马文明向北传到欧洲的时候，炼金术几乎销声匿迹，一直到学者们开始重新翻阅起古希腊和阿拉伯著作后，炼金术才在 13~14 世纪时重新崛起。

对于那些处心积虑地想把基本金属炼成金子的人来说，炼金术就是财富。虽然这么多的炼金术家致力于此似乎是个极大的浪费，但炼金术带来的副产品又是非常可观的。由于要了解如何变金变银，他们也就学会了实用冶金技术，学会了从矿物中提炼金属以及如何进行化学反应。虽然他们的成果报告中所用的术语我们无法理解，但中世纪后期的化学家的确出人意料地成了能干的冶金家。

从 16 世纪开始，越来越精密的测量术使炼金术脱离前身，开始更加专一化。到 17 世纪后期，化学家们只专注于四种传统基本元素中的三种，或称它们为微素（earth）。它们是玻璃素，赋予物质固体性；流素，赋予物质流动性；燃素，赋予物质可燃性。这些也就是四种传统元素中的土、水、火。这里气被排除了，因为当时人们认为气是惰性的，不存在于任何一种物质中。古炼金术并没有揭示出氧气在燃烧中的作用。而直到我们知其作用之后，我们才得以用有效的物质原子论来代替炼金术的元素说。

在四种元素中，最终是火使我们知道了氧在燃烧中的作用。在 18 世纪后期，科学家们有了一个重大突破。他们认识到热并不是物质的一种属性，于是就抛弃了过去那种燃素的概念（过去认为热属于物质的一部分），发明了一种新的炼金属元素，称之为卡路里。人们认为卡路里充满了所有物质，能够从热体流向冷体。卡路里是个很顽固的概念，甚至在物质原子论替代了元素说以后，它还滞留于人们的脑海中。我祖父童年时，热还是用卡路里来描述的。现在我们知道，热流实际上就是能量从一个分子向另一分子移动。但当我们谈及热流的时候，大部分人还都会在脑



海中显现出一幅从高温物体流向低温物体的运动图像。这只能归功于过去的炼金术士们了。即使现在有了现代物理，人们谈到热时，仍然受到过去那种卡路里概念的影响，觉得这似乎蛮合理的，而丝毫没有想到那些不停运动着的分子。

卡路里是由著名的法国科学家安东尼·鲁森·拉瓦锡（Antoine Laurent Lavoisier）命名的，他当时对燃烧和化学反应作了深入的研究。现在我们知道，水是由两种化学元素反应形成的——氧和氢，它们在拉瓦锡时代开始成为研究的焦点。拉瓦锡最著名的成就是分离出了氧，而他在1783年发现了氢在氧中燃烧形成水之后，又命名了氢（Hydrogen）。在希腊语中，“Hydrogen”的意思是“水的缔造者”。（其实早在拉瓦锡以前，氢就已经被发现了。16世纪瑞士的炼金术家巴拉塞尔士 [Paracelsus] 已经分离出了氢，但他却把它同其他可燃性气体混淆了。）

就在拉瓦锡发现氢在燃烧中的作用的同一年（1783），法国又开始在巴黎放飞气球。蒙哥尔费（Montgolfier）兄弟首次在他们的载人气球中使用了热空气。可是，虽然热空气很容易获得，但它的密度和周围的冷空气却相差无几。由于氢气密度约为空气的 $1/15$ ，可以为气球提供理想的上升力。于是雅各斯·夏尔（Jacques Charles），一位法国自然哲学家，首先开创在气球中使用氢气的先例，他在蒙高尔费兄弟试飞前已经放飞了一只无人氢气球，接着在3个半月之后又放飞了一只载人的氢气球。他还利用大量硫酸和铁屑的混合物反应产生氢气的原理制造了一台氢气发生器。



亚历山大·夏尔（Alexandre Charles）正在给氢气球充气，引自1897年《大英百科全书》



此时，英法两国的科学研究已经在很大程度上依赖于外部的观察活动了。虽然过去炼金术的元素思想在人们脑中尚存余迹，但炼金的方法已荡然无存。然而在法国，科学和技术的结合之路却依旧坎坷不平。人们理解科学家出手帮助气球飞行的行为，因为气球是属于运动员的东西，而法国的科学家和产业家却依旧是河水不犯井水。

在英国，情形却完全不同。譬如，产业家布尔敦（Boulton）、瓦特（Watt）和韦奇伍德（Wedgwood），科学家普里斯特列（Priestley）、赫歇尔（Herschel）以及艾利斯姆斯·达尔文（Erasmus Darwin）在伯明翰携手共建了一个科学俱乐部——月球社（Lunar Society）。对他们来说，科学是一种实现社会改革的方法，与体育毫无关系。他们之所以对气球感兴趣，并不是出于对飞行的钟爱，而是由于气球所能带来的潜在科学价值。例如，1784年，瓦特和布尔敦为了研究雷声的回音是否只是重复的雷声或真是由回音引起的，他们做了一个无人的纸气球，里面充满了氢气和空气，并放置了一个定时的熔丝装置。他们希望发现仅仅一声爆炸能否引起回声。他们在空中引发的爆炸的确震耳欲聋，令人欣慰，可惜的是他们却没能分辨出任何回音的声波谱。

早期的气球专家使得几经演化的化学术语，如不可燃空气和燃素家喻户晓。这些庞大的装满氢气的球体给天空穿上了奇异的服装，引得世人驻足观望。从根本上说，气球促使了化学更快地服务于工业革命。^[9]

然而对热和燃烧的研究最终告诉我们如何脱离过去那种炼金术的羁绊，也是在明白了热是怎么回事之后，我们才挣脱了最后的瓜葛，把我们的思想从土、火、水（另外可能是空气）的世界里解放出来。于是在这里，我们就面对着一个奇怪的矛盾：假如不重新学会从理论上用演绎的方法对原子论进行阐述，我们就无法得到一个成熟的原子理论。因此我们不得不再次挖掘一些早



已散失的柏拉图学说的演绎方法。

最终，在19世纪早期，历史的钟摆再次回复到过去那种炼金术的观点和方法上来。或许，最清楚地提出需要重新用心智之眼去看科学的人是约翰·丁铎尔（John Tyndall），他是一位爱尔兰物理学家，任教于伦敦皇家学院。丁铎尔读了新浪漫主义诗人的作品，并且把他们驾驭思想力量的那份执著和他自己超凡的观察结合起来，从而向科学家们证明了如何同时生活在两个世界里。



约翰·丁铎尔
(John Tyndall), 1820
~1893

读了丁铎尔在声学领域里的研究报告，我们就知道他是怎样思考的。例如，他无意中得到了美国教授拉·孔德（Le Conte）的一份观察记录。拉·孔德在参加了一个烛光音乐晚会之后，在1858年的《哲学杂志》中如此写道：

音乐声一响起，我就注意到烛光正合着音乐的节奏有规律地跳动着。这个……现象非常奇怪，特别是当大提琴的重音加进来时。确实非常有趣……甚至连颤音……也都在烛光中显现出来了，多么完美啊！

由于我们周围到处是麦克风、扩音器和示波器，因此很难想象在当时一个没有高技术电子设备的时代，人们是如何对声音进行研究的。维多利亚时期的科学家们就没有这些设备。观察家拉·孔德，一面想着音乐，一面想着物理，他捕捉到这种新式分析声音的方法。而丁铎尔极善于把观察力、理论和创造发明相融合，当他读到拉·孔德的描述时，他看到了这其中许多潜在的可能性。



丁铎尔，1820 年出生，最初是一名工程师，设计铁路设备，后来在柏林取得了博士学位。他对科学所做的贡献范围很广泛——热学、光学、冰川、微生物，甚至维多利亚时期的科技与宗教之争。在他的一本声学著作中，经常会闪烁出用于分析声音的一些经典物理方法的光芒。在书中，他把拉·孔德的观察记录扩展为长达 18 页的章节，名为《敏感的烛光》。另外，丁铎尔还借助于烛光来测试音调和音质。有一次，他在一间灯光闪烁的房间里读着他写给斯宾塞的几行诗：

她晶莹的额头尽显无限的仁爱，
像一块平坦的铭碑；
愿意刻上他的南征北战，
并篆写上他无所不能的雄威。
……她一开口，
甜言蜜语就像蜜糖一样在流淌，
借着珍珠和红宝石的轻轻一抖，
撞出银铃般的声音，说它来自天堂，又何妨？^[10]

他一面读着诗，一面观察着烛光是怎样随着不同的元音跳动的。顺便说一下，选择斯宾塞并不是偶然的，因为他被 16 世纪浪漫主义诗人们奉为灵魂。

丁铎尔用来分析声音的方法多达十几种，烛光法只是其中之一。他利用音叉将光反射到移动的纸上所产生的变化，以观察音叉在不同音调下的声音特征；他还观察过声音穿过水缸和沙堆时所产生的音乐效果。他的方法似乎无穷无尽，而且都是那么直观可见。我们的社会之所以能发展到今天，正是因为像丁铎尔这样的人教会我们在做一个聪明的观察者的同时，还要在每个科学过程中把内心的主观思维能力建立在观察活动基础上。

于是，丁铎尔的贡献就远不止于科学领域里了。他告诉我们



如何在观察的过程中，全身心地去思考。他在做这些事的时候，科学测量即将发展到达前所未有的规模。到了19世纪末，科学观察和当时正进行的工业化规模几乎旗鼓相当。让我们来简单地看一个例子，科学测量大举进军之时，丁铎尔却在疾呼要把柏拉图学说的精华部分重新发掘出来。

可以说，天文学领域里的科学研测量规模大于任何一个其他领域，而且也没有哪一个天文学家能像乔治·E·哈雷（George Ellery Hale）那样进行过如此大规模的科学测量。哈雷出生于1868年，恰逢美国内战之后。24岁的他，当时在芝加哥大学任教授，组建了耶基斯天文站。在那里，他用传统的折射透镜做了一架有史以来最大的望远镜，直径超过了1米。

自从1900年开始，天文学家开始用聚光镜代替折射镜时，耶基斯望远镜象只恐龙。但哈雷可不是一只恐龙。到了1904年，他说服安德鲁·卡内基（Andrew Carnegie）给他15万美元在加利福尼亚建立了威尔逊山天文站。乔治·E·哈雷在追求望远镜的高分辨率方面真是个彻头彻尾的贪心者，他很快就做出了一架有史以来最大的聚光望远镜，它的直径达到了1.5米。

刚开始他欣喜若狂，惊呼：“有了这个，我们就能记录到……上十亿颗星星了。”^{〔1〕}但到了1918年，他又敲响了卡内基的大门向他伸手要钱。这次，他说服卡内基再资助他做一个反射望远镜，直径要达2.5米。

当时哈雷虽然只有50岁，但他的身体状况已经每况愈下。尽管他不得不从天文实地观察领域退下来，但他仍能不停地出谋划策、著书立说、组织团会。1916年他建立了国家研究会，又开始忙于制定美国科学研究日程表。

然而在哈雷的计划中还有一架望远镜——这才是真正的庞然大物。此时，安德鲁·卡内基已经去世，但洛克菲勒集团给了哈雷600万美元造了第三台反射望远镜——直径几乎达5米。这台



望远镜将成为设在加利福尼亚帕洛马山天文台 (Mt. Palomar Observatory) 的心脏。

1934年,康宁玻璃公司开始制造这个直径5米的聚光镜的粗坯。他们在500℃高温下把直径15米的一池熔化的玻璃煮了整整6天。当他们将玻璃液倒进模子后,在记者们的眼皮子底下,模子内部破裂了。9个月之后,他们又重试了一次并最终获得了成功。但8个月之后,玻璃液才完全冷却下来。接着,又为了调整百万分之一英寸(1英寸=2.54厘米)的偏差,工作人员又手工打磨了好几年。



哈雷设计的直径2.5米的位于威尔逊山的望远镜,透镜的底部由金属支架支撑着

1938年,哈雷去世。10年后帕洛马望远镜最终完成。在俄罗斯于1986年制造出一台更大的望远镜之前,它一直是世界上最大的光学望远镜。只要拿你的照相机上长镜头的0.2米焦距与它150米的焦距比一下,你就知道它的威力如何了!在出现射电望远镜之前,我们一直都在使用着这样的分辨率。哈雷的远见卓识、勇气和坚毅着实令我们感动。只要想一下:在56年的生涯中,从24岁一直到死后的10年,哈雷给了我们世界前所未有的最大的望远镜,并不是一次两次,而是四次。

就这样,19世纪后期的实验科学与美国工业化同步发展,并驾齐驱。同时,实验科学家约翰·丁铎尔让科学家们深深记得,他们必须在相当主观的基础上处理事物。从而使主客观科学之间的张力得以淋漓尽致的体现。

为此,最终我们看到了表现炼金术与培根观察学说之间矛盾的主要事实——它同时也是科学和技术的终极融汇地。在热力学



第二定律中，一方面，科学中主观因素成分达到了前所未有的程度，另一方面，这些主观因素仍受控于严格的观察活动。在科学领域里，没有哪一学科像这条定律一样能把抽象和具体如此地融合起来。

第二定律告诉我们，有序会自然地演化成无序——没有哪种即席演化过程是可逆的，任何一个生命最终都会走向死亡，甚至连太阳也会燃烧殆尽。《鹅妈妈》对这个自然法则作了准确的描述：

蛋壳人坐在一面墙上，
他一不小心栽在了地上。
国王所有的骑兵和所有的侍臣竭尽全力，
却无法再将蛋壳人粘起！^①

第二定律以概率论为基础，并不适用于单个分子的描述，它的出现源于大量分子从不稳定状态转变为稳定的状态。我们看到的物体，并不是分子形式，而是规模远大于分子的存在物。同时，我们的感觉随着概率进入更大规模的无序。因此，从这个意义上说，假如没对有序和无序的主观概念，第二定律是无法成立的。^[12]

第二定律被称为时间之箭，因为我们的经历只有一个方向，一去不复返。17世纪的作家瓦茨在他的对第五十八条赞美诗的解释中，用这些话牢牢抓住了时间方向：

时间，多么空洞，踪影不见；
然而，日子却是如此地飞逝。
快得像支印第安飞箭；
或像一颗流星，划过天际。

① 美国儿歌。——译者注



然而，如果再仔细看一下，实际情况并不是那么令人悲观。勒夏特列-布朗原理（LeChatelier-Braun）大大限制了第二定律的作用。他说，当自然过程趋向更大的无序状态时，起码事物本身会产生一种抗拒力以延缓整个过程。最能说明它的化学反应是：火焰越热，燃烧就越不彻底。燃烧不会急于求成，反倒抗拒着这个过程。同样，铁锈总喜欢给金属穿上保护外衣以延缓金属氧化。自然演化使事物不断退化，同时又不可避免地产生了抵制退化的过程。所有的自然过程都这样或那样的抵制着第二定律。自然保护着我们，延缓和阻止着不可避免的自然过程，从而赋予我们更多的时间。^[13]

换句话说，我们不但要记住莎士比亚对第二定律的绝妙描述“金色年华的男孩女孩们最终都会像扫烟囱的老妇一样化为尘土”，而且还要记住，由于勒夏特列-布朗原理的存在，化为尘埃已不是一件可怕的事，因为我们可以从容地慢慢变老。第二定律使我们走向无序和腐化，而勒夏特列-布朗原理却拉住了时间之箭——让我们完全有可能一路上珍惜和享受着美丽和有序。

“自然应该被发现，而不是主观想象和发明出来的。”这是培根对我们的忠告，影响之大、思想之深刻，完全改变了科学和技术的历程。然而，我们还是看到了该忠告的危险性，因为人类的想像力是任何工作中都不可缺少的。因此在热力学第二定律中所描述的世界既是我们客观观察到的，同时又受着主观思想的影响。

在第二定律中，我们用始于内心思维的数学方法在主观感受的基础上，对一些事实做出了客观的判断。最终我们认识到，要成为一名好的工程师或一名优秀科学家，必须让这些矛盾结合并与我们融为一体。另外，我们还发现，死亡是生命中的一个冷酷的客观事实，同时也是属于一个更大自然过程中的完全主观的一面，不管怎样，我们都应该无怨无悔。



- [1]有关巴洛克式建筑的出现, S. L. Sanabria 曾在他的《从哥特派到文艺复兴时期的切体学: 关于 Philip de l'Orme and Alonso de Vandelvira 设计方案》一文中做过评述(*Technology and Culture*, 30, 2[1989]: 266~299)。
- [2]R. Burton, 《对忧郁症的解剖》(*The Anatomy of Melancholy*, New York: F. Ungar Publishing Co., 1979) 由 Joan K. Peters 进行编辑改编。
- [3]有关伽利略的斜塔实验在许多翻译的版本中都有描述。笔者此处所选用的是摘自 *Two New Sciences* (translated and annotated by Stillman Drake, Madison: University of Wisconsin Press, 1974) 和 *Second New Science, of Local Motions*。
- [4]有关伽利略的斜塔实验曾有 T. B. Settle 的《伽利略和早期实验》(*Galileo and Early Experimentation*) 以及 F. Aris, H. T. Davis 和 R. H. Stuewer 合著的《科学创造力的源泉》(*Springs of Scientific Creativity*, Minneapolis: University of Minnesota Press, 1983, 3~20) 中做过分析。若需更多有关伽利略的信息, 请访问以下网站: es.rice.edu:80/ES/humsoc/Galileo/。
- [5]若想了解更多有关 Guericke 的信息, 请查阅 A. P. Usher 的《机械发明简史》(*A History of Mechanical Inventions*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1970) 第 13 章。在 Guericke 实验一个半世纪以后, 我们再来研究他的实验记录, 或许会更有帮助。请查阅《流体静力学和气体力学》(*Hydrostatics and Pneumatics*, American ed. Philadelphia: Carey and Lea, 1832) 第 2 部分“Pneumatics”的第 3 章内容。
- [6]若想了解早期摆钟的发展简史, 请查阅 Usher 的《机械发明简史》(*A History of Mechanical Inventions*) 第 12 章。
- [7]若想了解更多有关伽利略和他的摆钟以及关于 Robert Hooke 的信息, 请查阅 A. Wolf 的《16~17 世纪的科学、技术和哲学简史》(*A History of Science, Technology, and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*, London: George Allen & Unwin Ltd, 1950)。
- [8]M. Espinasse, 《罗伯特·胡克》(*Robert Hooke*, Berkeley: University of Califor-



nia Press, 1962)。我们无法提供 Hooke 的真实照片,但 G. Keynes 在《罗伯特·胡克博士的有关文献》(*A Bibliography of Dr. Robert Hooke*, Oxford: Clarendon Press, 1960)一书中指出,或许 Hooke 是因为长得丑陋而不愿留下自己的任何肖像。他的传记作者 Aubrey 对他如此描述:“中等身材,背有点弯曲,脸色苍白同时有点下凹,但他的头很大,灰色的眼睛稍显迟钝但十分饱满且有点突出,头发尤显棕色,一种天然的润泽卷曲状甚是好看。”另一位同时代的人物 Richard Walker 这样评述他:“作为一个人来说,他的样子确实丑陋,因为他的背弯得太厉害了。”

- [9] L. T. C. Rolt, 《飞艇:从 1783 ~ 1903 年的热气球发展史》(*The Aeronauts: A History of Ballooning, 1783 ~ 1903*, New York: Walker and Company, 1966)。
- [10] J. Tyndall, 《声音》第 3 版(*Sound*, 3rd ed; New York: Greenwood Press, 1969)。这是 1903 年版本的重印本。
- [11] 若想了解有关 Hale 和他的望远镜的详细信息,请查阅 N. Stirling, 《工程技术的奇迹》(*Wonders of Engineering*, Garden City, N. J.: Doubleday and Company, Inc 1966)第 11 章。
- [12] 有关热力学第二定律,在任何高校本科阶段的热力学教科书中都有详尽描述。笔者特别推荐的是 W. C. Reynolds 和 H. C. Perkins 的《工程热力学》(*Engineering Thermodynamics*, New York: McGraw-Hill Book Co., 1977)第六章。
- [13] 关于 Le Chatelier and Braun 定律的来源,笔者最倾向于查阅 P. S. Epstein 的《热力学教科书》(*Textbook of Thermodynamics*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1937)第 21 章;以及 H. B. Callen 的《热力学和静热力学的介绍》(*Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, New York: John Wiley & Sons, 1985)第 2 版,第 8 章 4 ~ 5 节。



第6章 工业革命

工业革命很容易被人误解。在很多人的脑海中，这个词往往同大生产、流水作业以及18世纪末的重工业相关，其实这些都是后来才出现的。当年阿诺德·汤因比（Arnold Toynbee）造出工业革命这个词时，为的是描述1760~1840年技术进步给英国人的生活所带来的变化。它好像一把撑开了的巨伞，然而即使是这把巨型伞也没能将第一次大生产、流水作业和我们印象中的现代重工业的概念纳入它的范畴。

汤因比将工业革命初始成形时期定为工业革命的开始，它一直延续到英国最终成为一个成熟的工业强国才结束。虽然他对工业革命全过程的描述带有传奇的色彩，但是我们仍然可以从他笔端流淌出的这一过程中发现，工业革命的确是英国历史上的一个非常特别的时期。在此，技术与激烈的社会和经济变化突然交汇，合为一体。18世纪80年代的英国已经出现了先进的瓦特蒸汽机，哈格里沃斯的詹尼多轴纺纱机，改良后的考特锻铁术和韦尔金森的汽缸钻孔厂。与此同时，经济学家兼理论家戴维·休谟（David Hume）和亚当·史密斯（Adam Smith）正在着手描述一种全新的经济和社会体系。

这些集中产生的发明是18世纪后期其他一些伟大革命——美国革命、法国革命和发生在欧洲各国的许多不太著名的革命的



一部分，我们不得不在那些政治和社会剧变的背景下理解这种革命。英国的社会变革产生于18世纪新教徒的改革。卫斯理运动和各種离经叛道的新教徒组织都把工业革命的缔造者们视为他们中间的一分子。

18世纪中叶的时代特征表现为：在全世界范围内，人们普遍对专权统治以及重商主义经济体系所表现出的冷酷无情日趋不满。当时法国的达官贵人们酷爱那些事前完全调好的玩意儿，譬如做工精致的钟表和上了发条的自动玩具。17世纪末，法国已经和一些西方的欧洲国家一样，步入了一个效率高、运动平稳、规律性强的经济体系。贸易经济等式准确无误地决定着贸易的平衡：原材料的流入，手工产品的输出和黄金的流入。为了使这一等式成立，国家不得不在增加劳动力的同时，最大限度地减小劳动者的欲望和需要。国家需要自己的殖民地为之提供原材料并且为本国的产品提供市场。

18世纪革命的实质是使工人们意识到了他们有权获取自己的劳动成果。欧洲大陆的老百姓和英国殖民地的公民们几乎出于本能，同时意识到了这一点——为实现这一目标，他们必须争取控制自身掌握的技术。

在英国，市民们对政治变革采取回避的态度，他们直接占有了技术。新教徒改革者们远离伦敦政治权力中心，建立了一种以新的动力生产方式为基础的工业。早在1712年，一个英国德温郡西南部的再浸礼会教徒——一个铁匠——完善了第一台实用的蒸汽发动机并为之申请了专利。他就是托马斯·纽卡门（Thomas Newcomen）。在整个18世纪，像纽卡门这样的平民百姓就是通过技术抓住了权力（只就表面字义而言，毫不夸张），并且通过驾驭技术的方式改变了自己的命运。

早期的技术并不为任何革命性的目的所驱使。此时此刻突然之间技术专家们开始有意识地尽量使产品回到它们的制造者手



中。人们并不经常把工业革命看做一种社会改革。显然，到了19世纪中叶，产业劳动者成了新的统治阶级——新的压迫者——但那是后事，完全属于另一个故事。

正如我在第1章中所提到的，工业技术实实在在地改变了我们的生活性质。这一结果，应当归功于18世纪后期席卷了整个西方世界的这场社会革命。如此，最早展示这类革命的方式随着一本技术大全书籍的问世而出现，也就变得顺理成章了。百科全书起源于2世纪的罗马，但是在1728年，依弗雷姆·钱伯（Ephraim Chamber）的英文百科全书开辟了一个崭新的领域。它的标题具有鲜明的时代特征，听起来更像是一个目录表：“大全；或者一个人文科学与自然科学的通用字典，术语解释……内容涵盖诸多领域——人文及机械学科……”它的新颖之处在于：它提出了机械之艺术这个概念。关于我们这个世界，在这本百科全书之前还从来不曾有人如此朴实无华地描述过。

1745年法国准备出版这本《钱伯百科全书》。但是在经过和英国翻译者的一番唇枪舌剑之后，他们决定将它扩展为一本内容更丰富翔实的法文版本。1747年，丹尼斯·狄德罗（Denis Diderot）承担了除数学之外的所有学科的编纂工作，而数学方面的工作则由数学家达兰贝尔（D'Alembert）主持。

为这一计划火上加油、推波助澜的是狄德罗。1749年，他曾因为自己的自由主义观点而短暂入狱。1751年当该书的第一卷、第二卷出版时，他又遭到了耶稣教权威人士的攻击。这本书的书名为：《百科大全，或者一本有关于自然科学、人文科学和商业的分类词典》，同时，它正逐步被扩充为一部拥有28册阐述人类活动的专著。^[1]

问题是狄德罗和其他的作者们都是唯理主义者，百科大全，正如它的名字所说的那样，人木三分地描述了已知世界的运转方式，这种事还从来没人做过。它以大无畏的气概告诉平民百姓，



他们也应该知道那些以前只有国王、皇帝和他们的高级长官才能知道的事情。这无疑是一个大胆之举。它还让人们懂得任何人都拥有权力获取理性真理。从这一点看，它是一篇意义深刻的革命檄文。法国政府当然也丝毫没有忽略这一点，他们曾两次试图阻止词典的编写，然而它还是在1771年——法国革命前十几年——问世了。之后，它像星星之火，点燃了法国革命的熊熊烈焰。

这本词典不仅促使了人文科学、自然科学和手工业的结合，而且还阐述了技术和文化之间的密切联系。正是这两点使它孕育了这场革命。哦，这本书是何等的精彩！它的精美插图详细地说明了制革业、印刷业和冶金业以及那个时期其他所有产品的制造方式。



狄德罗词典中描述的车轮的制作工序

但是，词典不仅是在法国革命前夕，而且也是在英国工业革命的前夕出版的。狄德罗所描述的行业即将经历一场彻底的变革。那些有关工艺的描写最终对工艺学历史比对工艺学本身来得更有用些。具有讽刺意义的是，这套激进的系列丛书留给我们的只是一份有关那些继中世纪以来就几乎是一成不变的精湛技艺的详细记录。那些技艺，从中世纪以来就几乎不曾被真正改变过。然而，由这一词典所煽动起来的变革，迅速取代了那些它曾精雕细刻详尽叙述的技艺。



当时，法国工艺学的实际运作方式与词典的客观求实的描述所产生的动力大相径庭。让我们稍停片刻，品味一段历史插曲。1750 年左右，路易十五的情妇——庞帕杜（Madame de Pompadour）夫人，想让水直接流入她在克里西的庄园。于是，这个任务落到了著名的法国数学家安东尼·德巴赫谢（Antoine de Parcieux）的头上。

为什么要交给一个数学家呢？因为 18 世纪的理性主义者于 1750 年遇上了有关中世纪水车这道数学难题。以前，水轮可以通过很多方式产生动力，但是到了 1750 年时就只剩下两种类型——上射式水轮和下流式水轮。一股快速流动的水直接流到下流式水轮的下方并带动它转动，一股流速缓慢的水流从上方输入上射式水轮，并通过施加在叶片上水的重力而迫使水轮旋转。18 世纪的显著特征表现在人们对某种高强驱动力的寻求。因此，找出哪种水轮可以产生更多的能量是至关重要的。

安东尼·德巴赫谢正确地选择了上射式水轮，他认为这种方式可以为克显西的抽水机提供更多的能量。然而他的选择纯属偶然，因为他的计算是错误的，试验也是很精确的^[2]。1687 年，艾萨克·牛顿提供了一种精确的仪器来分析水轮。18 世纪中叶，一大批数学家和科学家都参与了水轮的研究，他们之中甚至包括立恩哈德·欧勒（Leonhard Euler）和贝努利家族（Bernoullis）。最后，英国工程师约翰·史密顿（John Smeaton）解决了这道难题。史密顿是 18 世纪工程师的典范，他第一个成功地设计了艾迪神通灯塔，大大地改进了纽卡门蒸汽机，并且还设计出了风车。1754 年，他的系统化科学试验向人们表明上射式水轮优于下流式水轮。几乎同时，欧勒的儿子约翰（Johann）运用正确的分析方法也得出了相同的结论。仅仅在这 15 年之后的 1769 年，瓦特就为他性能更优良的蒸汽机申请了专利。传说由于史密顿在水轮上追求完美，从而延缓了蒸汽动力的传播。人们对这一说法存有异议。



议，因为是否要尽善尽美地改进水轮这种区区小事，是不可能阻挡蒸汽动力的所向披靡之势的。

尽管如此，这些人留下来的理论精华还是在 19 世纪的现代动力源——水轮机中再次显现。然而，即便是新的水轮机仍然不能减缓蒸汽动力的传播。水轮机是我们今天使用的能量的一部分，并且它直接取自河流和水道，无污染而且廉价。然而，河流所能提供的能量是有限的，在来自各方面的能量总耗不断增长的前提下，它所占的比重相对不断下降。

所以，在下一次你游览大古力大坝^①或胡佛大坝^②的时候，不必去想路易十五如何为了骄纵庞帕杜夫人而为他们的爱巢安置改进的供水装置，而应该去想想风格迥异的英国工艺学。而寻找这一思想精髓的最佳去处，则是一个活动于在伯明翰的小小的组织——月球社。月球社会员从 18 世纪后期一直到 19 世纪每月会晤一次。

革命者总是聚集在一些小团体中，18 世纪后期的革命者也不例外。形式虽然各种各样，然而这些人都是在小组学习中受到启迪的。这些组织最终都不可避免地要而面临一个带有普遍性的问题：怎样才能使科技服务于社会？法国革命之前，知识分子——不论男女——都聚集在沙龙里谈论着科学和社会的问题。本·富兰克林（Ben Franklin）从他的美国哲学社为殖民地建立了一种模式。他一生不仅致力于革命而且还致力于探索将科学知识应用到实际社会变革中去的途径。

月球社得名于每到满月时会员的聚会。月圆时，明亮的月光更便于夜行者赶路。每次聚会虽然只有十几个人参加，可是这些

① Grand Coulee Dam，位于美国华盛顿州中心地带，是哥伦比亚盆地灌溉系统的主要组成部分，大坝建在哥伦比亚河上，上流距太平洋 961 公里。——译者注

② Hoover Dam，（原名石坝）位于美国亚利桑那州和衣阿华州的科罗拉多河上。——译者注



人却绝非是等闲之辈！马修·布尔顿（Matthew Boulton，组装瓦特蒸汽机的工业家）是该组织的核心人物。其他成员还包括艾利斯姆斯·达尔文（Erasmus Darwin，一位著名的物理学家和作家，查尔斯·达尔文的祖父），约瑟夫·普里斯特列（Joseph Priestley，一个反叛的牧师和科学家，因分离氧气而闻名）和约西亚·韦奇伍德（Josiah Wedgwood，他不仅仅制作高品质的餐具而且还致力提高人类的日常生活质量，他还是查尔斯·达尔文的外祖父）。这些人中还有天文学家威廉·赫歇耳（William Herschel，他是天王星的发现者，还是个著名的风琴家）和约翰·史密顿（我们刚刚已经提到过）。

你能想象出和这些工业革命的缔造者们——一群孜孜不倦地寻找改进他们的世界的方式的人们——共济一堂的情景吗？历史学家约瑟夫·布朗诺斯基（Joseph Bronowski）在认真研读月球社文献后说：“贯穿于整个组织的只是一个简单的信仰——好的生活并不仅仅是物质上的丰富，但是物质上的丰富是好的生活的基础。”当你发现这些专心创业的资本家居然结社，组成了一个革命的政治团体时，很可能会受到震撼。然而在1785年，资本主义的确是具有革命性的。这些18世纪的知识分子和实业家有意识地结合在一起，因为他们希望让每个人都过上体面的生活。^[3]

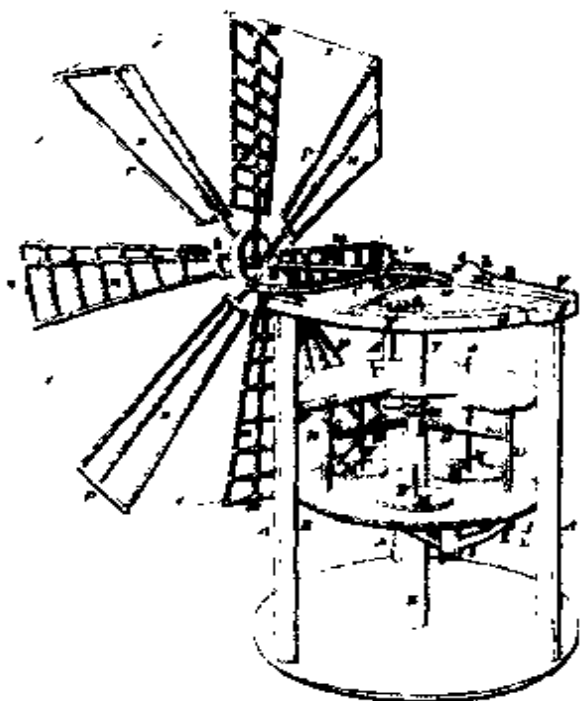
40年后的1825年，约翰·尼可森（John Nicholson）出版了名为《提作工与英国机械师》一书，它的字里行间洋溢着月球社的原始动力。虽然月球社的成员都已作古，但是他们的精神永在。今天，机械师手册集中了许多有关螺纹尺寸、标准金属厚度和有效公差的准确资料。他们着重处理技术细节，很少涉及宏观问题。但是尼可森的作品却是在工业革命的确烟中产生的。这期间产生了大量的令人眼花缭乱的机器。这本书分为上下两册，共800页的摘要对这些新生事物进行了逐一说明。它绝不是一本购物指南，教你如何选购螺钉和螺帽，它所提到的技工和机械都是



专门为 1825 年的工程学设计师们写的。

匆匆翻阅，滑过指尖儿的是能量传输装置，有关动物和人类力量的系统研究，用于驾驭和控制水轮的设备，复杂的风车系统，面粉磨坊，蒸汽机，造纸术、印刷术、纺织术和水泵抽水技术。这本书几乎没有谈及怎样制作这些装置，它的读者是那些对这些机械工具以及它们的辉煌建造过程了如指掌的人。这本书最了不起的地方是作者在扉页的题词，尼可森是这样对读者说的：

目前这个年代，富人和当权者把自身利益与穷人和未受过教育者的福利相提并论，智慧和善良联手向那些一直被忽略而又从来都是社会最重要组成部分的人们推广正确的准则和有用的知识。虽然我们还没人能清晰目睹未来，但是，面对这一主题，我们可以预计一场伟大变革的必然来临，因为那些推动这一事业的仁人志士们把它视为一种荣耀。^[4]



尼可森的《操作工与英国机械师》一书中告诉人们怎样建风动磨坊

尼可森在这里，就工业革命表达了两种基本情愫：一个是技术专家有责任提高穷苦大众的生活水平，另一个则是好的产品要使制造它的技术专家自身受益。那些读过查理斯·狄更斯 (Charles Dickens) 作品的人会对“这种高尚的信念激励了那些创造工业革命的人”一说，感到费解。1825 年，狄更斯还在上小



学，而贪欲已经开始像一部机器正在撕碎编织着理想主义的肌理。坐在办公室里的人们远离尘嚣，正在制造着工人的地狱。而这正是狄更斯将在 15 年后所描述的。但在这儿，我们看到的仍然是最后一道真正的，用尼可森的话来说，“将他们自身利益与穷人的福利相提并论”这一时代的余辉。

工业革命一开始是为理想主义所驱使，从尼可森的有关机器的草图中我们可以看出这种优雅和形式。美所折射出的东西，往往是一种在今天已经几乎被我们所遗忘的崇高目标。因此，当我们想到工业革命时，出现在我们脑海中的往往是社会改革而且是蒸汽机和铁路。

尽管蒸汽机确实是英国给 18 世纪的最伟大献礼，但是我们仍然要从特定的历史角度看待这些机器，并且评估这些以蒸汽机为其核心的机器对革命所产生的有限的作用。1776 年，布尔顿和瓦特开始销售瓦特蒸汽机时，蒸汽机大概已经出现 70 年了，并且已经有 600 多台蒸汽机问世。瓦特把它们的效率提高了 4 倍。虽然他的第一台发动机的功率仅为 4.4 千瓦——并不比第一台纽卡门发动机的功率大——但这种发动机体积较小，耗煤量也远远低于纽卡门的发动机。在短短的不到 20 年的时间里，瓦特就将它的功率提高至 140 千瓦之多。

18 世纪，140 千瓦无疑是很适合做汽车发动机的。早期的发动机体积庞大，一台老式的纽卡门发动机的汽缸的直径为 0.6~3 米，并且发动机本身为双层结构。瓦特发动机的结构要紧凑些，但它的汽缸直径仍旧有 0.45~1.5 米。所以，尽管不错，这些发动机仍旧不能垄断动力产生系统。到 18 世纪末，在英国生产的 2000 多台蒸汽发动机中，瓦特发动机还不到 500 台。

事实上，蒸汽机始终没有成为 18 世纪的主要动力源。大多数的能量仍然来源于水轮和风车。蒸汽发动机厂的动力年产量不超过上百千瓦。但是蒸汽发动机承担了一些特殊的任务，而这些



都是产生工业革命的基本要素——例如将矿井中的水抽出，这样矿工就可以开采生产所需的煤矿和金属了。

到了1800年，英国所有蒸汽发动机的总功率相当于现在一台大功率柴油发动机的功率。虽然它们并没有一夜之间改变英国的城乡，但是它们是举世瞩目、一场最伟大的革命的掩体——所有变化的原动力，其迅猛之势是它的始作俑者们始料不及的。^①

变化的另一个原动力，来源于人们为运送原材料和手工产品对运输的需求的骤然上升。英国人从未认真地修过路，1500年以来，他们从未超越陈旧的罗马公路系统。但是现在，那些住在偏远地区的英国商人看到了外销他们商品的前景，因此在18世纪后期，他们开始建造一种十分有效的运河系统。

他们也建成了一个陆路有轨系统，但是它和我们现在的铁路概念不同，因为蒸汽机头是过了很长一段时期后才出现的。那时的商人们以马作动力拉动有轨货车。既然水路摇身一变成为货物运输的主要方式，那么，就得在运河之间搬运货物。由于公路不能承受太重的轮式交通工具，为此英国人逐渐发展了一种以马为动力的有轨马车来运输货物。这个想法借鉴了矿山用轨道车来运送煤和矿石的做法。当蒸汽发动机最终被发明出来的时候，修建轨道的技术已经在矿山以及运河的周边地带得到了长足的发展。

工程师们同样很了解马可以拉多重的货物。在缓慢行走时，一匹马可以在运河上拉30吨^①货物，而在轨道上却只能拉7吨；当马小跑时，水的阻力变大，马在运河上几乎什么也不能拉，而在轨道上却可以拉同样多的货物。在运河上，一匹马可以拉牵更多的货物，但是如果要是赶时间的话，轨道运输就好多了。

① 此处及下文“吨”为美制吨（短吨），1美吨合0.907吨。——校注



考尼施号 (Cornish) 火车头的制造者理查德·特里谢克 (Richard Trevethick) 于 1804 年建造了第一台蒸汽火车头，从此有轨运输的速度大大地提高了。火车的速度使得受制于水阻力的运河显得一无是处。因此从 19 世纪初到现代汽车问世之前，铁路曾经一度统领英国的运输业。

陆地上的机动车——早期的蒸汽汽车——在这些年中也一直在进行着勇敢的尝试。但是发展有轨系统远比建成一套能承受如此沉重的汽车运输系统要简单得多。在那短暂的 80 年里，各种因素相继出现，互相竞争！经过一番拼搏，铁路最终脱颖而出，并统治了运输业长达一个世纪之久。然而，即使在这里，革命的力量仍旧生生不息。

想想，当你还是个孩子时，你经常用来形容火车的词——choo-choo, choo-choo，这就是蒸汽通过汽缸被排出到车轮下的声音。如果在现实生活中你从未见过这种火车，那么在电影中也一定见过：乘务员一边喊着，“大家上车了”，蒸汽一边从火车轮子周围喷出，火车开始缓缓移动。由“choo-choo”的声音所体现的两种意象，在蒸汽机被投入使用 100 年后的 1800 年左右趋于稳定：一种指蒸汽机在高压下的运转；另一种则指蒸汽被用于运输。

第一台以蒸汽机为动力的汽车是法国军事工程师尼古拉斯·约瑟夫·古诺特 (Nicolas-Joseph Cugnot) 于 1769 年制造的。因为当时蒸汽发动机是一个巨大的双层结构，所以古诺特的汽车是个庞大的怪物也就不足为奇了。它可坐 4 人，每小时行驶 3.2 公里。虽然制作的初衷是用于拉战地大炮，但在战场上它却一点也不实用。1784 年，瓦特的手下威廉·默道奇 (William Murdoch) 运用瓦特发动机制造出一辆性能更好的汽车（它质量轻，速度快）。但问题是，瓦特不喜欢将蒸汽发动机用于运输。于是为了使它束之高阁，他申请了专利。



1832年《爱丁堡百科全书》中未经改造的早期有轨运输

瓦特也不喜欢高压蒸汽，然而这却是制造交通工具的另一必不可少的因素。早期的蒸汽动力工厂都是通过压缩蒸汽来制造真空。它们的工作原理是将活塞吸入汽缸而不是将活塞拉出来。由于低压蒸汽很占地方，因此发动机体积也是硕大无朋。当气压达到每平方厘米3.2~7千克时，发动机的体积就可以大大缩小。可瓦特对这种把戏毫无兴趣，因为高压蒸汽是很危险的。

18世纪后期，经过改进的镗床装置使得高压钻孔和机械发动机成为现实。1800年之后不久，特里谢克和美国人奥利弗·依文斯（Oliver Evans）便双双制造出性能优良的高压发动机，但高压并不是通过压缩蒸汽产生的。他们的发动机中制作精良的器件适合体积小的交通工具，并且它们不需要再通过压缩蒸汽来制造真空。他们的做法是将使用过的蒸汽释放到空气中，从此发动机便发出了choo-choo的响声。

特里谢克和依文斯都把他们的蒸汽机用来作汽车发动机，但都没有获得多大成功。但是，特里谢克随后想到：蒸汽机可以在英国的有轨系统中代替马来拉车。把这一想法推销出去的做法的确算得上是明智之举。1804年他成功地制造出第一辆火车后，便于1808年在伦敦建了一小段示范铁路。演示活动类似于狂欢盛会，火车（名为“谁能赶上我”）在一个环形轨道上以每小时19公里的速度快速行驶。从那时起，蒸汽机便着实开始风靡，高压蒸汽发动机使美国西部得以开发，那释放高压蒸汽时所产生的熟



悉的 choo-choo 声，在向人们述说着这两个好点子最终是如何统一的故事。^[6]

但是现在我们的故事好像讲得过头了，我们已经超出话题范围了。运输是工业革命中最重要的一个部分，并且就要在美国这儿一展风采：武装起义、科技革命、加上精神的再生，它正在孕育着一个史无前例的美国。

-
- [1]Diderot 的百科全书的全称为 *Encyclopedie ou dictionnaire raisonne des sciences, des arts et des metiers*, 可从图书馆核查不同的原文或副本。
- [2]Parcieux 对 Cr cy 的水轮所做贡献的故事, 见 T. S. Reynolds, 《科学对技术的影响: 上射式水轮事件, 1752 ~ 1754》(“Scientific Influences on Technology: The Case of the Overshot Waterwheel, 1752 ~ 1754”, *Technology and Culture*, 20, 2, [1979]: 270 ~ 295)。
- [3]关于更多的 Lunar Society 的情况, 见 J. Bronowski, 《人的升华》(*The Ascent of Man*, Boston: Little, Brown and Company, 1973) 第 8 章, 《动力的源泉》(*The Drive for Power*) 和 R. E. Schofield, 《伯明翰的月亮社: 地方科学的社会历史和 18 世纪英国的工业》(*The Lunar Society at Birmingham: A Social History of Provincial Science and Industry in Eighteenth-Century England*, Oxford: Clarendon Press, 1963)。
- [4]J. Nicholson, 《生产技工和英国的机械技师》(*The Operative Mechanic and British Mechanist*) 和《工厂的实际展示和大不列颠的机械工艺》(*Being a Practical Display of the Manufactories and Mechanical Arts of the United Kingdom*, London: 1825, 2nd American edition, Philadelphia: James Kay, Jun. and Co. Printers, 1831)。
- [5]J. Kanefsky and J. Robey, 《18 世纪英国的蒸汽机: 定量分析》(“Steam Engines in 18th-Century Britain: A Quantative Assessment”, *Technology and Culture*, 21, 2 [1980]: 161 ~ 186)。



- [6]F. T. Evans, 《公路,铁路和水路:19 世纪英国的工艺筛选》(“Roads, Railways, and Canals: Technical Choices in 19th-Century Britain”, *Technology and Culture*, 22, 1 [1981]: 1-34)。



第7章 新生的美国

美国不是被发现的，而是被发明出来的。美国的名字是发明的，所用的机器是发明的，生活方式也是发明的。“美国”从那帮人脑海中不可思议地蹦出来，并且这些人竟能带着他们那份少得可怜的家当踏入一个完全未知的世界，身边所剩无几；而且正是因为他们登上了这片广袤无垠的新大陆，才激发了他们那惊人的创造力。

美国是一次心灵上的历险。看起来似乎无穷无尽的土地，敞开着心扉等待人们去开发。殖民地开拓者们几乎没法向欧洲的主流知识分子求助。虽然设施简陋但是他们渴望自由，追求自由，摒弃了常规和传统，径自去打造一种全新的生活。

殖民地的技术受自由思想的影响如此之深，以致于每每谈到它人们就会情不自禁地为它洋溢的激情所感染。这么说是远远不够的，我们还应该颂扬它。本书的前几章，为本章的撰写奠定了基础，当我回顾这本书的前几个章节时，我首先想到的就是要把这些材料修改一下，待到本书正式出版时，能够尽量不要带有太多的主观情绪，以平息我在前几章中所表现出来的主观热情。最后我并没有这样做，毕竟历史能如此引发我们激情的时候并不常见。为什么不像美国曾经的那样，做一回无忧无虑、自由自在敢作敢为的孩子呢？



能重温一下美国的早期历史是多么美好呀。我们目前面临的是一种审慎状态，需要审时度势。美国在我们这一代手中，第一次失利。我们不再认为自己的生产力仍居世界第一。我们发现美国人也会面临失败，我们也不再总是以好人的形象出现了。我们早就破坏了我们的英雄形象，以至于美国人不再总是英雄了。

但是他们曾经的确是英雄。提到殖民地技术，就不可避免地要提到这些人：并不认为自己是发明家的杰弗逊（Jefferson），许多方面都很在行的富尔顿（Fulton），以及举世无双的本杰明·富兰克林（Benjamin Franklin）。提到这些人，并不是因为他们是美国仅有的英雄，而是因为他们确实是殖民地创造力的杰出代表。他们代表了殖民地技术的顶峰，他们的天才折射出成千上万的早期美国人的创造性劳动。我们将会在下方的章节里提到他们中的许多人。

如果这一章里有夸张之嫌——不只是我一个人，还有那些早期创造者曾对世人说的话——我也不想为此道歉。我们殖民地开拓者的口气比他们的梦想还要夸张，尽管他们的梦想和殖民地艰苦生活所能够给予他们的相比又似乎大得多。《独立宣言》中的梦想之大气，语言之堂皇无与伦比，56名代表坚定地断言这片原始大陆将“呈现于这个世界的众多力量之间，成为一个独立平等的国家，这是自然和上帝赋予我们的权利”。他们宣称美国与那些几乎尚不知道美利坚的各个独立国家一样平等。当他们宣告与生俱来的平等和一项不可放弃的权利——自由时，他们的勇气不仅超越了当时殖民地美国的现实，也超越了当时人类现状的限制。这些人给我们指明了一条道路，那就是当现实条件远远不能满足我们的要求时，任何富于创造的人都必须摆脱现实的羁绊。准确的讲，正是他们那种超非脱俗跨越明显障碍的洞察力使他们能够发明建造美利坚。

第一项发明是新大陆的名字。我们以意大利航海家阿美利哥



·维斯普奇（Amerigo Vespucci）的名字来给美洲大陆命名，而不是他的同胞克里斯托夫·哥伦布（Christopher Columbus），这是为什么呢？谁是阿美利哥·维斯普奇？他又做了些什么了？

阿美利哥·维斯普奇是意大利的一个商人，1454年出生在佛罗伦萨，为麦第奇家族工作。哥伦布第一次远征的那一年，麦第奇家族派阿美利哥去西班牙打理轮船配备生意。他帮助哥伦布为他第三次出航配备了必要的装备。最后他给自己备齐了装备，去寻找印度次大陆（这曾经难倒了哥伦布）。维斯普奇于哥伦布第一次登上西印度群岛后7年，即1499年首度出航，并于1502年再度起航，可能在1503年，又第三次出发。

第一次远航，他就抵达南美洲的北海岸，一直航行到亚马逊河口。他用亚洲的地名为他所到之地命名。如：恒河湾（Gulf of the Ganges）；与此同时他也大大改进了航海技术，并且那次远航后，他预测地球的周长在80公里以内^①。

第二次远航，维斯普奇取得了一项重大突破。他意识到他所看到的大陆并不是印度，而是另一块全新的大陆。他沿着南美洲海岸航行到了640公里以外的火地岛（Tierra del Fuego，南美洲南端的岛屿）。也许哥伦布曾经发现了这片“新世界”，但是只有维斯普奇准确地将它称为这的确是一个新世界并最终他证实了自己的判断。

那么是谁把维斯普奇的基督教名字——阿美利哥，写上了地图呢？是西班牙国王，还是我们的开国者，或是维斯普奇他自己呢？都不是。一个叫沃尔德西穆勒（Waldseemüller）的德国无名牧师，业余地质学家，某家文艺俱乐部成员，于1507年出版了一本宇宙学导论。在书中他说到了维斯普奇探到的新大陆：“我认为任何人都没有理由反对根据阿美利哥，一位强壮有力的美洲

^① 此处数据明显有误。原文如此。——校注



大陆的发现者命名这块大陆，它的名字是——美利坚。”^①

名字是定了，虽然后来沃尔德西穆勒又想出了一个更好的名字，但是他却低估了这种新传播媒体——印刷的力量。最后定版东西就不可能更改了。北方又一块大陆被发现之后，只好用“南北美洲”来做这两块大陆的名称了。可是最后我们又要面对这个老生常谈的问题：究竟是谁代表文艺复兴的欧洲发现了美洲大陆了？到底是发现它的人还是发现它真实身份的人？

这样的困惑同样也存在于所有的科学中，像围绕着“到底是谁发现了氧气”这个问题就出现过许多徒劳的争论。是第一个分离氧气的普里斯特列（Priestley），还是认识到它是一种新物质却又不知道它到底是什么的拉瓦锡，抑或是比普里斯特列和拉瓦锡发现得都早却在他们之后，迟迟才对外公布成果的舍勒（Scheele）？^②

这是一个无从解答的问题（详见第14章）。哥伦布、维斯普奇、艾利克森（Ericson）和那个勇敢的第一个跨越白令海峡的亚洲人——白令海峡当时还是一块狭长的陆地，他们都曾发现过这块陆地。我们能按照沃尔德西穆勒的思路说“为什么不叫它美利坚？”同样地，将这片大陆叫“哥伦布亚”（Columbia）或者“艾利克森纳”（Ericsona）什么的。实际上有个叫慧胜和尚（Huei-shen）^①的中国探险家早在公元499年就已到过西墨西哥，也许我们应该称这块大陆为“慧胜尼亚”（Huei-shenia）？

一旦来到“新世界”，人们就不得不到处挖掘新的行为方式的潜力。例如，美国加拿大有比西欧广阔得多，面积也大得多的水资源优势——湖泊和河流，美洲本土的印第安人为了利用这些资源，已经发明了叹为观止的印第安独木舟。

一说到发明，我们脑海中就会时不时地出现一种挥之不去的

① 慧胜（Huei-shen），南北朝僧人，原书误作 Hwei-shin，现更正。——校注



想法。有些想法是如此的正确，以至于人们一心想去不断使之完善，直到完全满足人类的目标为止。印第安独木舟就是这种追求的典范。我小时，就住在有着“万湖之州”之称的明尼苏达州，这个雅号并不是为了吸引旅游者的。明尼苏达州无数湖泊纵横交错，因此也拥有很多的独木舟。如今，大多数的独木舟都是由铝和玻璃纤维做成的，并且船首和船尾还有聚苯乙烯制成的漂浮物。但是这些造型几乎都是印第安桦树皮独木舟的翻版。

历史学家曾经对印第安独木舟追根溯源，但印第安人所保留的能够称之为书面记录的东西却少之又少。由于那些独木舟具有生物分解性，因此没有任何可供考古的遗迹保留下来。根据第一代欧洲探险者留下的关于独木舟最早的记录，我们所知道的只是独木舟制造技术很早以前就很成熟了，几个世纪以来，独木舟的近趋完善的设计几乎没有改变。

独木舟是吃水很浅的小艇，它工艺讲究，形状优雅，它的以水为动力的方式跟北欧海盗船如出一辙。相对于别的划艇，独木舟有一个优势，那就是划船者可以朝着前进的方向坐着。大部分印第安独木舟体积很小，重量很轻，航行也很快，一般可搭载几个人来往穿梭于各个湖泊和河流。易洛魁人（Iroquois）曾经做成了一种 10 米长的货运独木舟，能够搭载 18 个人或者 1 吨的货物，然而即使是这样大的划艇，只需 3 个人就能将之抬走。

印第安独木舟有一个轻巧结实的木质框架，外面裹以一层树皮——通常是桦树皮。有的是用一整张树皮按框架轮廓铺制而成，有的是用几块树皮缝制而成，然后再在其间填嵌云杉树胶，其选材、筹备、缝制、镶钉和切割的技术都是十分复杂的。独木舟的设计随着部落地域特点而略有不同，但是即使是遥远北方的爱斯基摩人用动物皮替代树皮而制成的皮划艇，也折射出了独木舟外形设计和推进的基本原理。^[3]

人类的聪明才智在创造完美之极的实用工具时常会走进一条



死胡同，当然现今的电子计算机和电话是个例外。但是对于弦乐器、银器以及铅笔来说却是如此，尤其对于无疑一直是美洲标志的独木舟来说似乎更是如此。

早期的开拓者们的确接纳了独木舟，这东西这么好，不用岂不太可惜。于是经常使用它。这些早期的开拓者们却很少使用当地其他的技术。相反，他们把旧世界的技术强加在这片新土地上。在第1章里我们看到了这种趋势是怎样随着19世纪的西部迁移而改变的。可是最初，人们总是想方设法地再制造出一个欧洲来，这就意味着这些开发者需要铁，而铁这种材料又几乎是印第安人从来没有摸过的。

在詹姆斯敦城建立前22年，即英国清教徒登上这块陆地前35年，也就是1585年，开拓者们就已经在离北卡罗来纳海岸不远的一个小岛上发现了铁矿石，然而这些铁矿石很难开采。詹姆斯敦城的开拓者也于1608年，即他们到达后的那一年，在内陆发现了铁矿石。约翰·史密斯（John Smith）把几大桶铁矿石用船运回了英格兰，东印度公司发现这些铁矿石能够生产出高质量的铁来，于是他们在1619年派了很多炼铁工人建立炼铁厂。3年以后，就在如今的里士满附近，25个安下身来的工人正准备炼铁时，印第安人杀死了他们，也毁坏了那些炼铁炉。弗吉尼亚甚至都没打算重新再做炼铁的买卖，这时候殖民者们把注意力转向了马萨诸塞州的普利茅斯。

1644年，即英国清教徒登上这块陆地之后24年，约翰·温throp（John Winthrop）开始在两个地方建立烟煤炼铁工厂：一个在波士顿南边的布雷茵特里，另一个在波士顿北边的索格斯河上。索格斯炼铁厂一直到1668年因为劳动力短缺而关闭。

索格斯炼铁厂有一套完整的设施，喷射水车——一个由河上的一座水坝提供水力的锻造设备、熔铁炉、杵锤锻制、轧钢厂和一个转动切割厂。工厂能够生产两种铁。一种是铸铁，是直接将



铁浆倒入模子里而生产产品；另一种被称为生铁，铸成一大块一大块的铁锭，以后可以重新熔化或锻造，也可以制成熟铁。为了制成熟铁，铁锭需要在很高的温度下重新熔化，以减少其中的碳含量，再锻造改变其结构。这个过程十分困难，而且劳动强度也很高。

现在，你能猜出索格斯炼铁厂的产品主要用于制造什么吗？人们从零开始建设城市时，最需要的是什么呢？他们需要大量的铁钉。索格斯的铁匠们把熟铁加工成薄的细铁片，再把细铁片切割成小的方形的铁杆，然后才卖给房主们。把方形的铁杆切成一节一节的，然后再用小的模子来使钉尖和钉尾成型，这是用户的事儿。这种造钉子的方法在欧洲很少见，但是新大陆的需要与欧洲的需要是不同的。在17世纪，新的木制建筑是当地的首选。因此，索格斯炼铁厂不仅是一个有效率的工厂，而且还是一个具有远见卓识能够适应人们基本建设需求的工厂。

如今，你可以在离第一公路不远的地方看到一座重建的索格斯炼铁厂。熔铁炉又重新开始运作了，水轮带动了杵锤锻造及轧钢厂。当还沉浸在一种情愫中对他们何以如此快地建造了这样一座复杂的工厂感到惊奇时，导游就会为你当场操作，压轧出一颗方形铁钉来，就像原先的工厂最初建成时那样。

然而，怎样得到当时欧洲的新技术却是一个问题。在第6章里我们了解到，欧洲的经济贸易系统反对把先进技术传人这块殖民地来。17世纪70年代，弗吉尼亚（Virginia）的总督——威廉·贝克莱（William Berkeley）记录了一些让我们感到惊讶的事：

感谢主，这儿既没有免费学校，也没有印刷物（在弗吉尼亚）。因为学识会导致违抗命令和异端学说……而印刷物则宣扬它们，诽谤我们最好的政府。愿上帝保佑我们远离以上这两种祸水。^[4]



直到 1730 年，弗吉尼亚的总督才允许一个印刷商在威廉斯堡开张经营。立即，当地的一个诗人就写了一首诗来赞扬总督，总督的名字叫古奇（Gooch）。这是一首 18 世纪的诗歌，诗很优美。

真理，正义，美德，值得追求

艺术繁荣，和平将降临

古奇管理的地区将和奥古斯都王朝一样昌盛⁽³⁾

这是一场战斗，但是我们决心建立自己独立的技术体系。早期的美国大学在自然哲学课上研究那些新式的英国“火力发动机（fire engines）”（像人们用来称呼老式的纽卡门蒸汽机那样）。



当时，美国的知识分子正密切关注着那场席卷英格兰的科技革命。1760 年，年轻的约翰·亚当斯（John Adams）在他的日记中写道，他正努力去理解英国的火力发动机，与此同时杰弗逊则在威廉-玛丽大学研究这东西。

起初美国并不需要汽缸抽水机。但是地表的铁矿石被逐步耗尽，一些比较稀少的金属，如铜等，也几乎不能在地表层找到。因此人们不得不往地下挖，一直挖到了渗水层。1748 年，约翰·斯凯勒（John Schuyler）靠近新泽西州帕塞伊克的采铜矿因水淹而关闭，他只好向英国的蒸汽机制造商乔纳森·霍恩布劳尔（Jonathan Hornblower）写信求助。霍恩布劳尔答应以 1000 英镑的价格给他运一台火力发动机过来，并派技工来帮他安装。5 年后，即 1753 年，发动机运过来了，同行的还有霍恩布劳尔的儿子乔西亚（Josiah）和他手下的几个技工。



机器由乔西亚组装好后运转了两年，这时斯凯勒雇用乔西亚并让他在美国定居，管理那台发动机和斯凯勒的矿场。那台发动机正常运转了5年，可惜在一场大火中被严重毁坏。乔西亚修好了它，但是1768年的一场大火再一次毁坏了它。这一次直到美国独立战争结束，它都没能运转。1793年，这时已是花甲之年的乔西亚·霍恩布劳尔再一次把它修好，这台抽水机后来一直运转到了19世纪。

从长远来看，美国不可能也不会仅依靠现成的英国技术来建设自己的国家。早在独立战争以前，美国就已开始设计自己的发动机了。在霍恩布劳尔第二次修好斯凯勒的发动机之前，它的性能就不仅落后于更好的英国发动机，也落后于美国人早期设计的发动机。到1793年，这台发动机就已经成为一件古董，供游人参观了。^[6]

斯凯勒坚韧毅力的真实价值就在于他为其他的开发者指明了方向。殖民地的知识分子纷纷前来参观这台机器。蒸汽动力对杰弗逊和亚当斯来说曾经就是小儿科。斯凯勒那一波三折的生意，使我们可以通过这只巨兽，一瞥美国的将来。

本·富兰克林（Ben Franklin）是最早参观斯凯勒的发动机的人之一，这一点也不奇怪。法国经济学家杜尔哥（Turgot）曾这样赞美富兰克林：“他从天上取闪电，从暴君手里夺权杖。”这样的评价对富兰克林真是入木三分。不管以什么标准来衡量，富兰克林的广博见识和聪明才智都是令人炫目的。无论是18世纪早期的理性冒险主义，还是后来的一个全新国家的建立，他的一生始终展示着美国革命的每一进程。

富兰克林一生都致力于理解并驾驭他周围的力量，不论是蒸汽机、闪电，还是政治经济学。23岁时，他全身心地投入了热辐射的研究。那时，他属于一家科学俱乐部，后来这家俱乐部发展为美国哲学协会（American Philosophical Society）。富兰克林在另



一位同事的帮助下，设计并进行了一项新试验。一个晴朗的冬日，他们把几块彩色布条和一块玻璃搁置在室外的雪地上。随后他注意到它们各自陷入雪地的深浅度各不相同。白色布条几乎没有下陷；随着布条颜色的加深，下陷的程度也越来越深。黑色布条和玻璃下陷得最深。

在试验完成很久以后，富兰克林才发表论文。在这篇论文中他还对这个试验做了进一步调整：他通过一块玻璃分别在白纸和黑纸上聚光。白纸吸收了较少的热，因此外来光点燃白纸所需要的时间比点燃黑纸的时间长。这些试验的原理直到 20 世纪才得以圆满解释。^[7]

解释是这样的：黑色布条之所以呈黑色是因为吸收了光线；而白色布条则反射光线。热辐射跟光有些相似，但并不完全相同。一些物体的表面对光线和热辐射的反射程度并不一样。例如皮肤就是这样。居住在赤道附近的人皮肤呈黑色，因为黑色素能够保护他们的皮肤免受晒伤。你也许认为黑皮肤吸收热量，黑色人种不适宜居住在天气炎热的地区。其实不然，尽管黑皮肤吸收光线，但是可见光只承载了阳光携带的能量的一小半；大部分的热量都来自于不可见的红外线辐射热。跟浅皮肤一样，黑皮肤同样也反射热量；如果不是这样，尼日利亚人就只好移居到斯德哥尔摩了。

本·富兰克林的那块玻璃就跟黑皮肤的原理差不多。光线直接穿过玻璃，但玻璃吸收了太阳光承载的热辐射——玻璃既不传导热量也不反射热量。因此可以这样说，玻璃对于红外热辐射来说，是不透明的和黑色的。

年轻的富兰克林这样总结他的研究：“哲学如果不能在某些领域有实用性，那么它又有何意义呢？”他还说他的试验能让人们在气候中冷热变化穿衣服时有个参考。多年以后，上了年纪的富兰克林在巴黎观看早期的热气球飞上天时，他旁边的一个人



问：“这个东西有什么用？”富兰克林此时非常机智地反问他：“你说新出生的婴儿又有什么用？”——其实，这也是为他早期研究哲学的价值问题而做的巧妙回答。

20 世纪早期的物理学家将会向我们展示青年富兰克林实验中产生的新生儿。富兰克林的简单试验最早展示了能量在波长中的不同分配形式。一个半世纪后，如何理解那个试验，成了物理学家的心病，并最终导致了全新的量子理论的诞生。这项试验的真实价值早已远远超出了怎样在炎热天气里选择合适的衣服了。

然而，不要据此就把殖民地美国看做是一支科学技术发展的新力量。富兰克林在辐射热传递研究方面的天分和洞察力是人们后来才知道的，因为在当时美国远离所有学术界，得不到他们的认同。富兰克林只是因为首次于 1751 年出版了一本关于电学的非凡著作，才找到了通向欧洲知识界的道路。

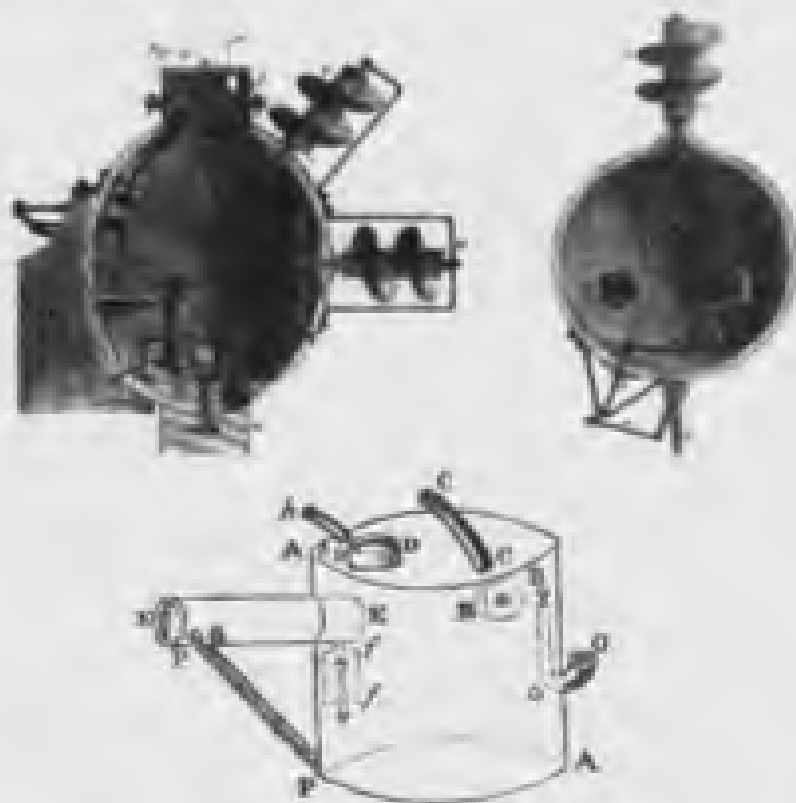
因此，我们美国人还得继续呆在欧洲的阴影中很久。譬如说吧，1776 年有一个伟大的事件，即戴维·布什内尔（David Bushnell）由于发明潜艇而闻名于世。布什内尔建造了一艘单人驾驶并以手摇曲柄驱动的潜艇，绰号海龟（Turtle）。他征召了一名士兵驾驶海龟跟在一艘名为鹰（Eagle）的英国船底下航行，并且还在它的包铜的外壳上装了一颗炸弹。由于不能钻穿铜皮，他只好让炸弹在开放的水域爆炸，结果并没对战舰造成任何破坏。但是，这种新武器的潜在威力是显而易见的。^[8]

一年后，布什内尔放弃了潜艇研究，转而研究泊在费城的系着些漂浮水雷的英国船。这一次，他又没成功，但给人们留下了深刻的印象。殖民地作曲家弗朗西斯·霍普金森（Francis Hopkinson）写了一首歌，描写的是在英占海岸边发生的水雷爆炸给人们带来的恐慌：

虽然火焰冲天，
有人却矢口否认，



说那是地震。
男男女女大喊大叫，
半裸着身子满街乱窜。



上图，布什内尔的潜艇“海龟”，摘自《爱丁堡百科全书》，1832年；下图，由荷兰籍英国科学家科尼利厄斯·德莱波（Cornelius Drebbel）设计的潜艇草图，摘自《绅士杂志》，1747年。

从此，布什内尔被誉为“潜艇之父”，被看成是美国杰出的技术天才。史学家阿列克斯·罗兰（Alex Rowland）指出：殖民地开发者消息灵通，对欧洲的科技，了如指掌。布什内尔在耶鲁大学研究过海龟，当时的耶鲁图书馆拥有英国的《绅士杂志》（Gentleman's Magazine）。1747年，《绅士杂志》上刊载了一个短篇，介绍了欧洲人关于如何建造潜艇的草图，其图就具有了布什内尔的海龟的基本特征。



与其说布什内尔的成就是发明了潜艇，还不如说他给一个锥形的构想赋予血肉之躯。布什内尔第一个让人驾驶潜艇在水下作战。在当时并没有任何可靠技术设备为保障的前提下，他的这种胆识是令人吃惊的。

殖民地美国当时从事业余研究的气氛很浓，布什内尔仅仅是许多优秀代表之一。在我看来，这种气氛从1786年春天发生的一件事中已得到了极大的证明。那就是约翰·费齐（John Fitch）的蒸汽船，它曾沿着特拉华河逆流而上，靠许多印第安独木舟所用的船桨来推动。早于富尔顿21年，这些桨便无言地证明着费齐的业余研究是多么富有成效——它打破了工程设计的桎梏。

要了解殖民地的技术和发明，我们就得先了解殖民地渴望自由的强烈愿望。经常使用的自由一词并不仅仅意味着脱离英格兰实现政治独立，同时还包括脱离欧洲传统，从而赢得文化自由。



费齐的蒸汽船，1786年，摘自1832年《爱丁堡百科全书》

美国第一个著名诗人约耳·巴洛（Joel Barlow）就一再强调我们的文化独立性。他激动地把美国称为“一个展示各种价值的剧场”。^[9]有时这种渴望自由的愿望是十分强烈而目空一切的。譬如，一首典型独立战争歌曲，虽然作者不详，但它以悠扬的笛声和踏实的鼓声开头，并以这样两行结尾：“我们将踏上天国的街道，我们将匍匐在耶稣的脚下。”有时人们也会比较柔和地表达相同的感情。弗朗西斯·霍普金森写了一首广为传唱的歌，曲调轻快，歌名是《我的生活是如此的自由》。但是，这些歌曲通常都表达了一种直接的、纯洁的、本土的同时感人至深的情感，驾御着我们的想象。它们感情强烈，富有影响，但最重要的是它们也是业余创作的。



革命美国的这种气氛一再让我们接触到了这种直接的、简单的、非凡的力量。历史学家肯尼思·科拉克（Kenneth Clark）参观完杰佛逊设计的蒙蒂塞洛（Monticello）宅区后说：

他不得不亲自设计其中的大部分……门触即开；时钟能够告知你今天星期几；床放置的地方如此之妙，以至于你一起床就能进入两间房的任意一间。所有这一切都显示了一个有非凡创造力的人的离奇的聪明才智；这个人置身于一切传统之外，独自一人工作着。^[10]

我们发现，自学成才的本·富兰克林让我们领略到了电的本质特征；也发现了一群在本土成长的知识分子创造了一种民有、民治、民享的新型的政府。

新大陆的工程设计展现了人们的思想倾向：这些人知道他们能做任何想做的事，即使不曾拥有过去，他们也能够比过去以往任何人做得更好。从首都城市的完美设计到伊利运河（Erie Canal）的开掘，再到派遣我们的军队“踏上天国的街道”，他们都知道自己是一往无前的，所向披靡的。

自我怀疑的蛀虫会严重干扰我们的事业。我们现在已经达到了技术成就的顶峰。已故的爱迪生、福特（Ford）、贝尔（Bell）让我们感觉到好像我们已告别了酝酿盲目自信的年代。开创这个国家的功臣们并没有被自我怀疑所吞食，他们用清晰的、孩子般的自信很简单地就干成了原本不可能干的事情：他们敲响了独立的钟声，宣称我们将与这个世界上最强大的国家脱离关系。

如今，有一项很有感召力的技术：制作铃铛。豪斯曼（Houseman）诗中的那个什罗浦郡（Shropshire）鬼魂少年两次听见铃声：第一次是呼唤他的恋人去教堂和他结婚，随后又叫她来参加他的葬礼。最后他放声尖叫：“讨厌的铃声，别再敲了！我已听见了。”



爱德加·爱伦·坡 (Edgar Allan Poe) 赞美说“那悦耳的叮当声从所有的铸钟、门铃、铃铛中流淌出来”。从雪橇铃声到警铃再到婚礼上用的铃铛，无一不预示着我们生命中的转向和改变，从学校的第一节课到欢呼我们的新国家的诞生，一路行程，铃铛声声。

“自由钟”是体现我们政治和技术的一个缩影，它的制成也是一种政治和技术的实验。制铃技术几乎把铸造业推到了极限。我们现在所熟悉的铃铛成型于13世纪——顶端平坦，侧面下凹，边缘还稍微加厚了点儿——但是铃铛制作从来都不是轻而易举的。首先，它的模子就很难制作。制作铃铛的青铜最理想的比例是77%的铜和23%的锡，这种合金保证了铃声的音质既柔和又清脆。

青铜“自由钟”高1米，重1吨，早在美国独立战争之前就已制成，是1752年宾夕法尼亚地方政府为了庆祝殖民地成立15周年，向一家英国制钟厂定制的。甚至在当时那铸造在铃铛上的文字就已预示了它今后将扮演的角色：“在整个这块大陆上，向所有的居民宣告自由。”

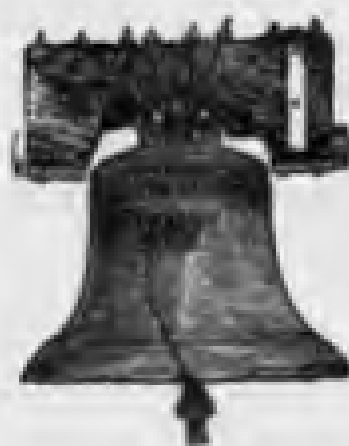
其实在它被放上钟塔以前，这座英国制的铃铛就已经破裂了，后来费城的一家铸造厂重新铸造了它。工匠们多加了一些铜，想尽力使铃铛不易破裂，但是铃声却变得沉闷起来。因此，后来他们又把锡加了进去，第三次也是最后一次铸造了它，也就是我们现在所见到的这个大钟。第一次敲响这个大钟是在1757年的一次会议上，会议由议会主持，会上人们列出了许多抱怨和不满，以便让本·富兰克林带到英格兰去。之后，它又宣布了“美国独立战争”这一系列重大事件的开始。它为英国的征税敲响了声音低沉的丧钟，它号召了起义聚会，它也宣告了我们的胜利。

然而，在1776年7月4日它并没有敲响，那一天只是计划中



的《独立宣言》的颁布日；实际上，它却推迟到7月8号才正式发表。这一次，它实实在在地敲响了。以后，它又多次伴随美国的重大事件而鸣响。最后，直到1835年，它为大法官约翰·马歇尔（John Marshall）的死讯而敲响时，突然破裂了。当时它已有78岁了。

“自由钟”是实实在在的经过反复试验、不断摸索的精灵。它从英国运出来后，就一直自始至终陪伴着美国的诞生，它是美国政治独立的历尽沧桑的历史见证，它也是美国民族精神的完美象征。



使用78年后破裂的美国“自由钟”

各种各样的机器的创造发明现在如同雨后春笋般涌现。新国家第一个著名的发明家是奥利弗·伊文斯（Oliver Evans），一个1750年出生的水车设计师，他始终关注着蒸汽能这种新动力。伊文斯运用了一项新方法，使得蒸汽能的广泛应用提前到来。17世纪的发明家为了寻找一种新的能源，不仅试验了水蒸气和空气，也试验了火药。最终证明火药只能适用于火箭技术，对静态能的产生毫无用处。然而，即使在我们有了蒸汽机以后，火药的爆炸力使毛瑟枪的子弹速度快于人们的眼力这一点，还是诱发了人们的各种幻想和想象。

早期的蒸汽机与毛瑟枪几乎没有一点儿相似的地方。如前面提到的，早期的蒸汽机首先在其巨大的汽缸中压缩水蒸气，再把活塞吸进去，然后才能做功。并且这些机器都是在压力很低的情况下工作的。年轻的伊文斯自娱自乐地做了一个很巧妙的小实验。他先往枪管里灌水，再把枪口紧紧地塞住，然后加热枪管直到塞住枪管的塞子冲出去。“为什么不能把蒸汽机做成那样子呢？”伊文斯这样想，他也就这样做了。当然，这样他的蒸汽机



与毛瑟枪的亲缘关系也就显而易见了：他的蒸汽机上那个小的高压汽缸就好比毛瑟枪管。

他没有像詹姆斯·瓦特（James Watt）那样进一步用冷凝器来减小水蒸气的压力，而是把用过的水蒸气排了出去，因而也降低了一些效率。但是，他设计的蒸汽机重量轻，运转得很好，自然十分适合于美国的运输需求。伊文斯费了许多年的精力，努力想找人赞助他的某种以蒸汽为动力的车辆。等到1805年，他最后与费城方面签订协议，答应为他们的港口设计一辆挖泥机。此后他把自己关进了车间。他的邻居都感到万分惊奇，不知道他是否像诺亚一样，挖空心思出一个万全之策来对付洪水。

夏秋之交的某天，伊文斯车间的门终于打开了，开出了“诺亚方舟”以来最出色的运输机器，那简直就是一个以蒸汽为动力的庞然大物。伊文斯叫它“*oructor amphibolos*”——拉丁语“水陆两用挖泥机”的意思。这台奇特的让人敬畏的机器几乎能铲掉麦德·麦克斯电影中的庞大背景。它驶过街道，在中央广场转了两圈，就开到斯古吉尔河（Schuylkill River）里去了。在那儿，它一边“嘟嘟”地排气，一边挖泥。^{〔1〕}

伊文斯察觉到了社会对有动力装置的运输工具的需求，并且一下子就制成了第一辆不需要马来拉的四轮货车并发明了蒸汽船。在随后的10年中，有动力装置的运输工具迅猛发展。突然间，罗伯特·富尔顿（Robert Fulton）的蒸汽船和以高压蒸汽机驱动的火车就开始快速地载着我们穿过那漫无边际的，以前不可能到达的地域。

但是，并不仅仅只有蒸汽动力才会把我们带入美国那广阔无垠的内陆。看一看19世纪20年代的景象吧。一场暴风雨从纽约州中心升起，一个船夫赶着他的骡子，深一脚浅一脚地边拉着一艘驳船穿过伊利运河（Erie Canal），边唱道：

哦，沿着伊利运河地势渐高，



壶里的酒也越来越少，
我也懒得把心操。
到了布法罗，
我们将喝它个饱。

伊利运河在美国民族的历史上留下了很深的印迹，它简直就是个奇迹。四大湖——苏必利尔湖、密歇根湖、休伦湖、伊利湖——都位于尼亚加拉瀑布的上游，形成了巨大的内陆航道，这条航道直达延绵几千公里的海岸线。这条航道也连接了明尼苏达州、威斯康星州、密歇根州、印第安纳州、伊利诺斯州、俄亥俄州、宾夕法尼亚州和纽约州。新建的美国由于这条水路而连成了一片，因此东海岸的贸易也不得不借助于这条水路。

但是，纽约州内陆港口布法罗位于伊利湖东端，离哈得逊河沿岸的奥尔巴尼城长达 580 公里。更糟糕的是，伊利湖的湖面高出哈得逊河达 173 米。因此，开凿运河把这两条河连接起来可不是一件寻常的工程。

1801 年，托马斯·杰斐逊委任了一个瑞士移民，艾伯特·加勒廷（Albert Gallatin）来当财政部的秘书。1808 年，加勒廷提出了一个建议，主张建立一个巨大的运河网络，其中就包括在伊利湖和哈得逊河之间挖一条运河。1810 年，纽约市长德维特·克林顿（De Witt Clinton）接受了这个建议。他因为支持这个计划而在 1817 年的选举中以压倒多数胜利当选为纽约州州长。这项最大



从纽约的托利港口驶入伊利运河，摘自《美国图册》，1882 年



的工程，即建造美国历史上最长的运河在那年的7月4日隆重地开工了。

花了8年的时间和700万美元，终于把运河建成了。总共用了83道水闸，还在莫霍克河上修建了一条长240米的渡槽以供船舶来往，另外还包含了无数的技术创新。然而，这个工程主要是由4位从来没见过运河的工程师设计的，就像美国早期的技术一样，它也是业余爱好者的杰作。这些业余工作者们的热情和自信，把他们带到了连天使都不敢去的地方。

伊利运河在这个国度里的作用是让人瞠目结舌的。陆运需要两周才能到达的货物，每吨要100美元；现在只需3天半就能到达，而且每吨仅要花销10美元。马或骡子拉的驳船通过运河，全程只有25公里。船夫又唱起了我们熟悉的歌：

我有一头老骡子，它的名字叫塞尔，
伊利运河上，走上15英里。
它是一个好家伙，还是我的老朋友，
伊利运河上，走上15英里。

运河的建成实现了托马斯·杰斐逊的一个梦想；它的建成本来超出了建造了它的工程师们的能力范围，但是他们有自信，没有被困难吓倒。^[12]

然而，尽管伊利运河工程巨大，宾夕法尼亚东部的城市匹兹堡还是离它太远了。回顾一下1816年的匹兹堡，为我们了解美国早期历史打开了一扇窗口。此时，伊利运河就要动工。1812年的战争刚结束2年，这个新生国家充满着生机，匹兹堡正是我们这一时代的写照。坐落在阿尔勒格尼山西坡的匹兹堡周边地域集中了西宾夕法尼亚的煤田，而且这儿也离大西洋海岸的美国人口稠密区很远。

与把煤炭运到矿区相比，把铁矿石运到煤矿区冶炼要便宜得



多。因此，在1790年第一座西宾夕法尼亚的炼铁炉建成后，匹兹堡就成了主要的产铁大户。由于生产玻璃也需要大量的煤炭来提供热量，所以，它也变成了美国主要的玻璃生产基地。从1810年到1820年，匹兹堡的人口像雨后春笋般由4700迅速增加到7000以上。到1816年为止，匹兹堡已拥有了3份报纸、9座教堂、3家剧院、1个钢琴制造厂、5家玻璃工厂、3个纺织工厂、1座蒸汽机制造厂。年产钢铁4000吨，还有2座轧钢厂，并且全国大部分的铁钉也出自这儿。同时，毫无疑问它也成为臭名昭著的空气污染中心。

尽管匹兹堡远离东海岸，但是在此阿尔勒格尼河与莫农格黑拉河交汇形成了俄亥俄河，而通过俄亥俄河，可以到达1600多公里以外的海滨城新奥尔良州。在1816年，即罗伯特·富尔顿取得蒸汽船专利后的第7年，3艘巨大的轮船从这个内陆城市出发，一直航行到了大西洋。其实，它们并不是从匹兹堡出发的第一批轮船。两年前在匹兹堡就已造出了另一艘轮船，也许是由于那不幸的名字维苏威^①，它于1816年在新奥尔良烧毁了。

下面一段话摘自于1816年9月3日《匹兹堡星报》中的一篇文章，叙述了这儿的人们当时的心境：

驾驶蒸汽轮船第一个穿过大西洋的人值得我们大大地称赞。几年之内，我们希望这样的旅行将会很平常……第一个驾驶蒸汽船到欧洲去的人是勇士。

（实际上，就在三年以后，即1819年，蒸汽船横渡大西洋获得成功，只是当时它还要借助一些帆的帮助。）这篇文章引用了荷马的话来结尾：“勇敢的人，是第一个敢于大胆尝试的人……在脆弱的小船中，面对凶猛的波浪。”我们读了一遍，忍不住又读了

^① 位于意大利南部的一座活火山，曾吞噬了200多万人，造成了大量财产损失。——译者注



一遍，一种发展中的文明在脑海中明晰映现：向上的冒险精神和（或许也是最重要的）令人难以置信的自信在使人敬畏和兴奋的激情中诞生。^[13]

讲到匹兹堡的故事，我们不得不再一次提到蒸汽船的发明者罗伯特·富尔顿。1816年以前，富尔顿建造了他的最后一艘、也是最具大胆创新精神的蒸汽船。当1812年的战争爆发时，他全心投入，决定设计一艘真正的一流蒸汽战舰。为了理解富尔顿的设计，我们首先需要看一看蒸汽船的阿喀琉斯脚踵^①，惟一致命弱点——桨轮。如果桨轮被射个正着或者弄个粉碎，轮船就会停下来。

北方军的监查号以后的战舰都用隐蔽的螺旋桨解决了这个问题。但是在1812年，轮船推进器才发明了20年，仍然很原始；桨轮被认为是惟一实用的推动轮船前进的方式。次年，富尔顿制成了一艘桨轮全包式的战舰，它的两个船体并在一起，桨轮就安装在两个船体之间，以免遭受袭击。他建造的这种战舰被称为双体船，有50米长，20米宽，在舰中央还有一个4米宽的狭缝。^[14]

人们很难给这艘怪船一个合适的名字。富尔顿称它为“Demologos”，意思是人民之声。但是海军的称法不一，有的叫它富尔顿蒸汽快船，有的叫它蒸汽战舰，还有的叫它富尔顿一号。不管怎样，它的双船体战舰在1814年6月就已就位，并于同年10月下水，而在4个月以后，战争结束，富尔顿去世，享年仅50岁。

海军继续完善这艘战舰，多次试航，进行了调整，还改进了一些不足之处。很显然，他们十分满意富尔顿的设计。这艘战舰

^① 阿喀琉斯（Achilles），希腊神话中海洋女神之子，出生后被其母倒提着在冥河中浸过，浑身刀枪不入，只有未浸水的脚踵除外。后常被比喻惟一致命弱点。——校注



在纽约港口附近一直为保卫和平服役，直到 1829 年夏天的某日。这天下午，一个炮手去舰舱底的火药库为晚上的鸣炮祝贺取火药，同时还带了一支蜡烛照明。在费了不少劲儿搬出两桶半发射火药后，24 个男人和 1 名妇女随同一声巨响，和舰艇一起消亡。

如果不是因为这两件事，富尔顿可能会改写海军的历史：一件是 1812 年战争的结束；另一件是螺旋桨推进器的发展。海军战舰设计的下一个重大突破直到大约 50 年后美国海军建造靠螺旋桨推进的监查号战舰时才出现。尽管如此，富尔顿设计精巧的双体蒸汽动力战舰在 19 世纪曾被人多次仿制，因为它毕竟还是一个十分诱人的好主意。

1812 年战争后的重点，美国科学技术转移到了为人民安居乐业创造经济财富方面。这一浪潮并不仅仅限于匹兹堡，而是席卷了全国，出现攀登工业革命高峰的势头。史蒂文·卢巴（Steven Lubar）有一份关于史密森博物馆的名为《变革中的发动机》的产品目录，从中让人可以了解这场变革。

如果开始时是美国仿制英国机器，那么这个过程并没有持续多久。在这块面积广袤的陆地上，许多情况与英国是不相同的。这里有英国没有的资源：潜在的可利用的水力资源比英国多得多；还有充裕的森林，而英国很久以前就已将它的森林砍伐殆尽。水力和森林让新的国家很快就开始了自己的动力发生技术，这项技术以木制水轮代替了英国的蒸汽机。

对森林的利用加上移民追求自由的心愿，导致一个不良结果。新的国家拥有的是这样一种技术：它存在时间很短，要不断革新和调整，在规模上要比英格兰的铁制的蒸汽动力的机器要小。托马斯·杰斐逊不主张大规模的工业，他认为“工业滋养了地主和贵族，也产生了穷人和奴隶”。

杰斐逊扶持了运输系统的成长，并预见了一种具有广泛影响的形形色色的技术。奥利弗·伊文斯把水车设计师（当时典型的



美国工程师)称做是真正的通晓多门知识的人。他写道:

(他)能够同样熟练和精确地使用斧子、锤子、刨子;他能够开动车床,能够钻孔,能够打铁……他能够计算速度、压力、机器的动力大小;他能……修建房屋、下水道和水渠。^[15]

新的国家的环境决定了他们科技发展的方向不同于英国。美国人没有英国人那样具有专长技术,只是有更好的自然资源,更自由思想和行动。美国人还不得不更好地利用很少的人力资源。1851年,美国人在伦敦水晶宫的“大博览会”上展示了他们的商品,自负的欧洲人立即就发现美国人已经前进了多么远。《拳击》杂志刊登了一篇模仿《扬基歌》(Yankee Doodle)^①的讽刺诗来反击美国殖民者的胜利:

美国佬去参展,
带着货物。
城里人围着他取乐,
讽刺又挖苦——
守旧、笨傻,像个呆鹅,
参什么展,整个地落伍!
美国佬镇静从容道:
继续笑吧,好人们——
我不在乎。

史密森博物馆的产品录不仅显示了美国人的产品涉及面非常广泛,并且也昭示着在工作中他们的思想是多么的自由活跃。它

① Yankee Doodle,《扬基歌》,美国独立战争时期流行的一首歌曲。Yankee, 17世纪为“Jan”(约翰)的译名,含嘲弄意味,18世纪被英国人用来戏称新英格兰人(美国土著或移民)。美国内战时期又指北方佬(美国北方的土著或移民及北方联邦军人)。Yankeeland, 俗称美国,扬基国。——校注



说明了美国工业以多种形式发展，商品呈现多样性，以及美国人创造新世界的快乐和自豪。这说明了，为什么到 18 世纪中叶，风水轮流转，轮到英格兰来倾听美国蒸汽机的鸣叫了。

但是，在这个“新世界”里，英国的一种工业依然是很难模仿的。英国的纺织工业以性质优良的稳定的蒸汽机为动力。虽然美国在建造这种蒸汽机方面还落后于英国，但是美国有更高的山脉和更多的河流，能用水力做很多惊人之举。1810 年，新英格兰的商人詹姆斯·卡伯特·罗维尔（James Cabot Lowell）决定创建美国的纺织工业。他去了英格兰，暗中侦察了他们的机器和设备；然后回到了美国，在查尔斯河流经马萨诸塞州的瓦尔萨城重现了英国的纺织技术。

很快查尔斯河所能提供的水力就不能满足瓦尔萨工厂的需要了。因此，工厂主们就把工厂搬到了波士顿的北部，梅里马克河流经那里的时候形成了波塔基特瀑布。在那儿，他们开凿的运河星罗棋布，引来了水流，为纺织工厂提供的动力曾是世界上最大的水利动力。他们建造了新兴工业城市罗维尔。

到 1836 年为止，位于罗维尔的 20 座纺织工厂，雇佣了近 8000 人，以一组巨大的水轮为动力，每年约能够生产 5000 万米的布匹。到了 19 世纪 40 年代，新型的弗朗西斯水力涡轮机开始取代水轮，罗维尔的工厂数量持续增加。



今天仍在运行的经过重建的罗维尔纺织厂之一

很快，罗维尔能产生的动力达到了 6629 千瓦，用如今的标准来衡量相当于中等水平，但在那时确实是很大的企业了。



大多数的工人都是年轻的移民妇女，她们住在受到严格控制的宿舍里，禁止饮酒和玩乐。工厂负责使工人的生活有规律。他们为工人修建了教堂，也组织了一些文化活动。工厂主们夸耀说这就是乌托邦式的生活，还鼓励别人将此与英国的由劳动者汗水支撑着的工厂进行比较。当然，笼罩在这种乌托邦上空的是极权主义。然而，19世纪的工业什么时候又有民主可言了？罗维尔的开拓者们把罗维尔称为“美国的威尼斯”。^[16]

随着时间的推移，工厂主的后代们早已忘却了为工人提供这种乌托邦式的生活了。到19世纪末，罗维尔已成了一个更大的，然而越发丑恶的工业城市。但是，罗维尔曾经推动了美国工业化的第一步。现在，保护历史遗迹者又按历史的原样重建了当年的转动水轮的水流和供水运河。星期天来这儿的人们可以漫步在这些古老的工厂，感受一下“美国威尼斯”的方方面面，还可以直接领略到开创一个工业国家创业初期时的聪明智慧、高瞻远瞩，或许还包括那些谣言惑众。

-
- [1]《大英百科全书》(*Encyclopaedia Britannica*)中的开场白对 Vespucci 做了很好的介绍。如果想了解更多信息,请参阅:J. N. Welford,《制图者》(*The Mapmakers* New York: Vintage Books, 1982);D. J. Boorstin,《发现者:人类探索世界和自身的历史》(*The Discoverers: A History of Man's search to Know His World And Himself*, New York: Random House, 1983)第33章。
- [2]发现氧气的过程及其启示,可参阅 T. Kuhn,《科学革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 1970)第2版。
- [3]关于独木舟,建议查阅《大英百科全书》(*Encyclopaedia Britannica*)中相关文章。关于 Aleut kayak, 详见 G. Dyson 的经典之作《拜达克:爱斯基摩皮艇》(*Paidarka: the Kayak*, Anchorage: Alaska Northwest Books, 1986)。



- [4] E. N. Hartley, 《索格斯河上的炼铁厂: 记开创新英格兰地区炼铁厂的先驱——林恩和格蕾特里》(*Ironworks on the Saugus: The Lynn and Graintree Ventures of Undertakers of the Ironworks in New England*, Norman: University of Oklahoma Press, 1957)。想了解重建后的索格斯炼铁厂, 可访问国家公园服务器网址: www.nps.gov/sair/。
- [5] P. Rouse Jr., 《18 世纪威廉斯堡的印刷商》(*The Printer in Eighteenth-Century Williamsburg*, Williamsburg: Colonial Williamsburg, 1955) 1974 年修订本。
- [6] 关于美国第一台蒸汽机的发明, 请查阅 C. W. Pursell Jr., 《美国早期固定蒸汽机: 关于技术转移的研究》(*Early Stationary Steam Engines in America: a Study in the Migration of a Technology*, Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1969) 的第 1 章和第 4 章。
- [7] I. B. Cohen, 《本杰明·富兰克林的科学成就》(*Benjamin Franklin's Science*, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1990) 第 9 章。
- [8] 参阅: H. L. Abbot, 《现代潜艇战的开始》(*Beginning of Modern Submarine Warfare*, ed., Frank Anderson, Hamden, Conn.: Archon Books, 1966; Facsimile of an 1881 pamphlet); A Roland, 《布什内尔的潜艇: 产于美国还是源于欧洲?》("Bushnell's Submarine: American Original or European Import?", *Technology and Culture*, 18, 2, 157~174, 1977)。
- [9] 关于美国革命前和革命期间的形势详情请参阅 K. Silverman 的《美国革命文化史: 绘画, 音乐, 文学, 殖民地戏剧和美国从签订〈巴黎和约〉到华盛顿就职期间(1763~1789)的戏剧》(*A Cultural History of the American Revolution: Painting, Music, Literature and the Theatre in the Colonies and the United States from the Treaty of Paris to the Inauguration of George Washington, 1763~1789*, New York: Columbia University, 1987) 第 33 章。
- [10] K. Clark, 《文明》(*Civilisation*, New York: Harper & Row, 1969, 264)。
- [11] 更多关于 Oliver Evans 的信息请参阅 Pursell 著的《早期固定蒸汽机》(*Early Stationary Steam Engines*) 以及 J. T. Flexner 著的《蒸汽船试验成功》(*Steamboats Come True*, Boston: Little, Brown and Company, 1978) 第 2 版。Flexner 在本书中也谈到了富尔顿的双体船。



- [12]伊利运河的详细情况请参阅 J. Tarkov 著的《伊利运河的修建——美国发明和技术的遗产》(“Engineering the Erie Canal”, *American Heritage of Invention and Technology*, summer 1996, 54 ~ 57)。
- [13]摘自《1816 年的匹兹堡》(*Pittsburgh in 1816*, Philadelphia: Carnegie Library, 1916), 作者不明。
- [14]请参阅 J. T. Flexner 著的《蒸汽船试验成功》(*Steamboats Come True*, Boston: Little, Brown and Company 1978)第 26 章。
- [15]摘自 S. Lubar, 《改进的蒸汽机》(*Engines of Change*, Washington, D. C.: Smithsonian Institution, 1986)。
- [16]摘自 T. Dublin 著的《罗维尔:工业城市的历程》(*Lowell: The Story of an Industrial City*, Washington, D. C.: Division of Publications, National Park Service, 1992)。



第8章 | 飞天的梦想

童年时挥之不去的梦是想象着自己能飞起来。我当时曾怀疑自己的想像力和别的孩子不一样，而且我还以一些幼稚的方式努力去实现自己的愿望。结果，有时是从车库的顶上跳进雪堆里，有时落到树上或是悬崖上，有时又挂在绳子上荡来荡去。谢天谢地，我母亲始终不知道我曾多么努力地想逃离地球。

最后，脚扭伤了，肋骨摔青了，我终于相信不管我的思想飞到何处，我的身体仍与地球绑在一起。于是我开始玩起飞机模型，仿佛自己坐进那些可爱、轻巧的装置里，我陶醉在飘浮欲仙的境界。我飞翔在天空，内心之眼却俯视着大地……

人类飞行的夙愿由来已久，刻骨铭心。以前那些关于飞行的古老传说证明我们一直确信它们也蕴含着一些真理。在第2章里，我曾提到，据史料记载，9~11世纪人类就开始尝试飞行，而中国早在6世纪就有了风筝载人飞行。^[1]

1969年开罗博物馆宣布发现了一次最早最让人吃惊的飞行尝试。一位名叫哈利尔·弥塞发（Khalil Messiha）的埃及博士在博物馆研究古代鸟类模型时发觉有一个模型与众不同。这个模型是由无花果木制成的，是一个翼幅为18厘米的小东西。它之所以引起弥塞发的注意是因为这东西让他想起自己童年时曾做的飞机模型，它们的大小和形状太相像了。这根本不是鸟，而是一个飞



机模型。这怎么可能！

可是，其他的鸟模型有腿，而这个模型却没有；其他的鸟模型画有色彩斑斓的羽毛，它也没有；其他的鸟模型像真鸟一样有一个水平的鸟尾，而这个奇怪的木制模型却只有一个上而小下而大的舵。可能这就是最重要的区别。鸟飞行时不必一直向前飞，因为它们可以控制自身的方向，而飞机模型却需要一个垂直的舵来保持平稳前行。何况这个模型的翅膀就是一个样本机翼。这些都符合气体力学的原理。相似点太多了，这绝不是单纯的巧合。弥塞发的弟弟是一个飞机工程师，用热带的轻木重新复制了这个模型，在试验时，它飞起来了！

这个被发现的模型是 100 年前在撒哈拉沙漠挖掘出来的。它应属于公元前 3 世纪，也就是说它发明于古希腊文明时代。1800 年后，列奥纳多·达·芬奇还在研制扑翼机和螺旋桨带动的垂直升降机。可是当时埃及人就已经开始制造类似现代滑翔机的模型了。^[2]

我们没有证据证明有人曾建造过这样一个大的实体。然而，若不是造过这样一个大家伙，怎么可能造出和真正滑翔机如此相似的模型。若不是有人造过这么大的模型，即使他有能耐在头脑中想像出这么个庞然大物，这么个小巧玲珑的木头模型也不可能出现。

考古学家并未发现滑翔机的原型，那种大而且轻可以飞行的模型，可能太易碎了，不可能承受得住 2300 年的时世变迁。即使人们曾拥有过这个模型，它也早已化为尘土和沙漠融为一体了。不管这架埃及“飞机”曾经是什么样子，它从诞生之日起就一直萦绕在人们的梦想和想象中，最终又返回原地。

然而我童年时的那个梦，虽然有无数人为之付出过艰苦乃至危及生命的努力，却从远古时代开始一直传承下来。有什么比电影《奥兹的秘密》的台词更激动人心呢——“挂在天边的彩虹



上，鸟儿在自由地飞翔，为什么我却不行？”

飞行是对人类毅力的一种考验，没有任何技术困扰我们这么久，这么难于实现；没有一项技术的背后有这么多生动的故事；也没有任何一项技术耗费了如此多的发明者的精力。本章只能简要浏览一下所有为之付出努力的人们，并在浩如烟海的实事中略选几例以展示人类所具有的意志和希望。

泰达罗斯（Daedalus）和他的儿子伊卡洛斯（Icarus）的神话，已成为千百年来表达人们飞天梦想的典故，象征着人类对飞行这一神圣使命的强烈愿望。泰达罗斯是希腊神话里的建筑师兼雕刻家，他惹恼了克里特国王迈诺斯，迈诺斯把他和伊卡洛斯关进了监狱。泰达罗斯用羽毛和石蜡做成了翅膀，然后，他和伊卡洛斯借助翅膀飞向西西里岛，飞向自由，有些版本说伊卡洛斯飞得太高了，由于离太阳太近了，结果导致蜡的融化，伊卡洛斯摔下来摔死了。现在，火箭已能带着我们完全脱离地球引力，但是还没人能像泰达罗斯那样，主要靠人力飞行。^[3]

1985年，一组麻省理工学院的工程师，制定了一个比泰达罗斯低得多的目标，但仍是很大胆的尝试。他们准备造一架人力飞机，但不是从克里特飞到800公里以外的西西里岛，而是飞到克里特北边118公里远的桑特里尼。即使如此，这个数字已是现存人力飞行世界记录的3倍多了。

他们造了一架巨大的蜻蜓状飞机，并安装了脚踏式驱动器，它不是由羽毛和石蜡制成的，而是由碳纤维合成物及塑料制成的，“纺锤”（spindly）在这里有了迥然不同的意义，它的机翼比波音727的机翼还长，但是只有32千克重，名字就叫泰达罗斯。

最难办的问题是自身的承受力。于是，这个科研小组仔细研究了人体构造及新陈代谢，进而对24名男子和一名女子进行了大量试验。最后他们相中了希腊自行车冠军科勒罗斯·科勒罗蒲洛斯（Kanellos Kanellopoulos）。要求他以4个小时产生1000瓦



能量的功率为标准消耗体能。

为了支持他的飞行，研究小组又研制了一种特殊饮料来维持他体内葡萄糖、电解液和水的平衡。科勒罗蒲洛斯在飞行时差不多要喝下一加仑（美制1加仑合3.785升）这种饮料。

1988年4月，在这种“魔水”的帮助下，他试飞成功，4小时内飞了118公里，创下了举世瞩目的世界纪录，只有一点失误使成果略显逊色。当飞机接近桑特里尼岛时，海面刮来一股强烈的风，把机尾掀了起来，飞机栽在海上。不过这也并没造成任何损伤，因为当时他距海岸仅有10米。这个“泰达罗斯”似乎也沾了点伊卡洛斯的晦气。

人们一直都在梦想着有朝一日能够飞到彩虹上去。如果不借助动力，而重新启用咒语——那个我们熟悉的神话的话，总有一天在意识创新的驱动下，人们将能够把泰达罗斯的西西里岛之行付诸实现，到那时，我们便能重新回归神话世界。

难怪当1783年11月21日约瑟夫（Joseph）和艾蒂安·蒙哥尔费（Etienne Montgolfier）两兄弟成功完成了首次无锁链热气球载人飞行时，他们又一次在西方创造史上激起火花。仅在4个月前，16岁的约翰·昆西·亚当斯（John Quincy Adams）和77岁的本·富兰克林才刚刚在巴黎观看到了雅各斯·亚历山大·塞撒·夏尔（Jacques-Alexandre-César Charles）进行的未载人氢气球的试飞。

此后很长时间人人都在尝试着气球高空飞翔。他们的飞行高度都受到空气稀薄的限制。在蒙哥尔费兄弟试飞成功4个月以后，让·皮埃尔·布朗夏（Jean-Pierre Blanchard）开始他自己的首次飞行，之后他乘气球四处飞行，成为了第一位气球巡回表演者。在英国，被流放的美国医生约翰·杰弗里斯（John Jeffries）花钱雇了布朗夏，让他用气球把自己从英国带到法国。虽然语言不通，但这丝毫没妨碍他们在就这次飞行费用及保障讨价还价时对对方产生反感。尽管如此，1785年1月7日，他们仍首次飞越



了英吉利海峡，他们差一点就失败了，他们先是把所有东西都扔入水中以减轻重量，最后他们甚至不得不向下撒尿以减轻最后几盎司的重量。

布朗夏是一个试验狂：他是第一个让动物跳伞的人，第一个运用帆及舵来控制飞行器的人，这些试验常常使他人不敷出。于是他决定去美国碰运气，他希望在那里能做得好一些。1793年1月9日，在费城他设法举行了美国首次无锁链气球飞行。在此之前，他和公会达成某种协议，公会教徒们事先为他的起飞表演建了一个类似监狱的围墙，目的是为了防止人们免费观看，并在《联邦星报》上刊出广告：敬请观看起飞表演，每人5美元。

他赚了405美元，而实验花费却达500美元。前来观看这次飞行的观众中，有一位是华盛顿总统。当他在新泽西降落时，他用剩下的酒水款待当地农民，作为回报，他们用四轮马车将气球运进城。

16年后，布朗夏在其第五十九次飞行中心脏病突发不幸身亡。随后，他的第二个妻子玛利，继续了他的事业。问题就出在他用的是氢气球而不是热气球，玛利在飞行中试图用空中烟火来装点一下她的飞行表演，可是却犯了学术性的错误。本来在1819年以前，她的飞行都是很成功的。后来，她的气球正在巴黎的坦维理公园上空飞行时，她点着了烟火，氢气就跟着燃烧了起来，她努力把火扑灭了，可是由于损失的氢气太多，气球掉在了一片屋顶上，她当时可能还活着，但一阵风把瘪气球卷起并把气球拖到屋檐边，她摔到下面的大街上，告别了人世。^[4]

当然这是个悲惨的结局，但是，早期飞行者们很少考虑到自身的安全问题。那些气球飞行创始者们全是凭着激情行事的。伟大的技术往往产生于热情和狂热，而非带有目的性的追求。

第2章中已提过，英国和巴黎相比是另外一个世界，对于气球的想法也不例外。狄更斯在《双城记》开头就提到了英、法两



国的不同，他把18世纪末描述为“智慧年代……愚蠢年代……有信仰的新纪元……充满怀疑的新纪元”。而且，那也是一个多事的年代，大革命在两国酝酿，在英国，中产阶级凭借宗教热忱和技术创新来提高生活质量。而在法国，知识分子们带着一种恶作剧般的好奇心盛气凌人地抨击独裁统治。难怪英国人对法国人的新气球热嗤之以鼻。一家英国报纸载文号召：“所有的同胞们，快来看看这些痴心妄想的傻瓜吧。”英国早在1784年就开始了第一次气球飞行，但气球飞行者却不是英国人。他是一名风流倜傥的意大利大使馆的官员，颇受那些装腔作势夸大其词的小女生的青睐，名叫文森特·卢纳尔第（Vincent Lunardi）。他为自己的飞行做了个纪念碑，碑文上写道：



艺术家描述布朗夏夫人之死，摘自
1869年《哈布新月刊杂志》

让子孙后代们都知道，并感到惊奇！
在1784年9月15日的图斯卡尼的卢卡，
有一个文森特·卢纳尔第，
成了英国第一名飞行家，
从伦敦的炮兵场升空，
在天空飞行达2小时15分钟，
又重新返回大地。^[5]



卢纳尔第在英国高空表演两年之久，以他的杰出表演才能吸引着大批的观众。1786年，他的空气球忽然从他身边飞走，一根绳子把旁边一个看热闹的年轻人的胳膊缠住并把他带到空中——直差不多有30多米高的地方。此时，绳子松脱，这个倒霉的人掉下来摔死了。于是，英国民众及报纸对卢纳尔第的谴责纷至沓来。当时一个歌谣就是嘲笑他的：

大英雄又高又帅又漂亮，
拿着热气当干粮；
忙碌碌走了东庄串西庄，
敛钱花在破球上。

备受打击的卢纳尔第回到意大利，重整旗鼓，继续进行气球飞行。当他降落到一个西班牙的村子里时，当地人把他奉为圣人，他神气十足地被抬进了当地的一个教堂。

英国的第二次飞行仍不是英国人，而是布朗夏（Blanchard），他虽和卢纳尔第一样狂妄自大，却远不及他有魅力。18世纪时的英国可不是气球的天堂，飞行从来都是那些头脑活跃有余、不安于现状又喜欢冒险的人的把戏，所以，美国在20世纪时很快掀起了飞行的热潮，也就不足为奇了。他们当中最令人瞩目的是鲁弗斯·波特（Rufus Porter）的飞艇。

从第一只载人气球问世以来，发明家们就开始研制结实且适宜飞行的飞艇了。最后，亨利·吉法尔（Henri Giffard）总结了两代人失败的教训，于1852年在巴黎成功地试飞了功率为2.2千瓦、靠蒸汽驱动的飞艇。

1848年，加利福尼亚发现了金矿，比吉法尔的试飞早4年。1849年春天冰雪才消融，很多人都试图奔向那块黄金宝地，但是不论你是坐车还是乘船，旅途的艰辛都够让人垂头丧气的——不是踏破3000多公里的荒野秃坡，就是绕合恩角走上2.8万公里的



水路。

在金矿发现之前，一个叫鲁弗斯·波特的人已经成功的试飞了几个挺不错的飞艇模型。现在是着手筹集资金建一个真正的飞艇的时机了。1849年初，他出版了一本小册子，题为《空中飞行：从纽约到加利福尼亚安全愉快的三天之旅》。

他很认真的，写得很详细。小册子描述了建造飞船的计划。飞船全长240米，蒸汽驱动，为100多名旅客提供舒适的生活设施，时速达160公里，在1849年来说那真是一个恢弘的构想，而且它的构造和80年后著名的齐柏林式飞艇差不多，波特继续大力宣传纽约-加利福尼亚之行将于4月份开始，人们要先支付50美元，作为200美元机票的定金。

他立即着手工作。他的第一艘航空船（他取的名字）实际上只有80米长，不幸被一阵飓风击碎。1849年，他重新拉赞助寻求支持者，并开始造了一架长为200多米的飞船。感恩节时，这架即将竣工的飞船在展览会上展出了，而熙熙攘攘的参观者却把氢气袋搞破了。本来还是可以修好的，但是天又下起雨来，所有东西都被水淹了。所以，他又开始建第三架飞艇，一些技术上的问题使这次尝试于1854年再次失败。

哦！波特离成功仅一步之遥。最终，他的所有成就只好化成一系列的大型蒸汽航模。虽说他的梦想过于离谱，他的想法却棒极了。只不过有点儿像一个轮船发明家一开始就着手建造“玛丽女王号”船那样有些不切实际。他那些关于飞船内部结构的观点以及气袋分离的理论都被成功地应用于飞艇的实际飞行之中，如果波特善于管理和筹资的话，那么他应该是第一个飞行者。他为著名的齐柏林飞艇吹响了技术号角。后者的成功在很大程度上受了波特那个异想天开、为淘金热所怂恿的具有远见卓识的美好梦境的启迪。

实际上，几年后美国内战期间，一个25岁的德国骑兵队队



长（一位普鲁士贵族）作为一名联邦军队的外国视察员来到美国，我暂时不说出他的名字，以免过早泄漏了这段史事。这个年轻人在此地真是历尽风险。他在弗吉尼亚差一点被南方军队俘获；在纽约目睹了征兵暴乱；在五大湖区乘船从克利夫兰、俄亥俄到苏必利尔湖、威斯康辛州，一路上总与年轻姑娘们调情；他吃过麝鼠；和印第安人打过猎；直到最后他到达了明尼苏达州圣保罗国际饭店，才算结束了这次多姿多彩的行程。

在饭店的街对面，有一个名叫约翰·斯坦纳（John Steiner）的气球飞行家。他用观察气球运载旅客们观光游览。斯坦纳曾以平民观察者身份飞行去北部舰艇军队，至少他使麦克莱伦的军队在1862年免遭溃败。但是他却因为报酬问题离开军队，转行从事空中巡回表演。

这个德国军官决定再给这次多姿多彩的美国冒险记增添一次气球飞行项目，于是斯坦纳给他做了一个系绳为213米长的气球，让他单独飞行。我们这个年轻军官写了一篇关于这段经历报道，从表面上看单直白地讲述了观察气球的军用潜力，但是字里行间却洋溢着掩饰不住的兴奋。回到德国，他结束了漫长的军旅生涯。在40年之后，他再一次找到方向，感到自己像年轻时一样精力充沛了。届时他已年满6旬。那时许多人（从吉法尔开给）都已开始制造结实且适于飞行的气球，或者说是飞艇，但却无一具有商业可行性。

我们这位德国军官就是斐迪南·冯·齐柏林（Ferdinand von Zeppelin）伯爵。他综合了所有19世纪其他发明人所用的要素，60岁生日刚过，便开始着手造飞艇。1900年他的第一艘飞艇升空。在此之后，他又活了14年，也工作了14年，到他去世时，他已发明了史无前例的空中机器。1937年，随着“兴登堡”号的失事，飞艇焚烧殆尽，齐柏林令人眼花缭乱的飞艇亦退出历史舞台。



让人惊讶的是这个重大发明竟是内战期间美国西部播下的种子。齐柏林去世前不久曾写道：“在圣保罗上空时，空中飞行的想法就在我头脑中留下了深刻印象，齐柏林式飞艇的设想也闯进了我的脑海。”可能与泰达罗斯一样，他的成功实现了一个梦想，这个梦想曾贯穿着他的一生。



齐柏林12号，荷兰，引自1911年《大英百科全书》

我们用了19世纪整整一世纪的时间来尝试飞翔。到1903年莱特兄弟试飞时，我们已拥有很完备的轻于空气的航空技术，且已花费了大量人力从事研究两种重于空气的航行——扑翼机和直升机。虽然我们尚未完全掌握扑翼机，但在直升机领域却已硕果累累。

列奥纳多·达·芬奇曾提出过一个简单且有诱惑力的观点：靠一个垂直上升的螺旋桨把人带到空中。在以后的450多年里，一个又一个发明家试图把这一设想变为现实，但由于困难重重终未能果。

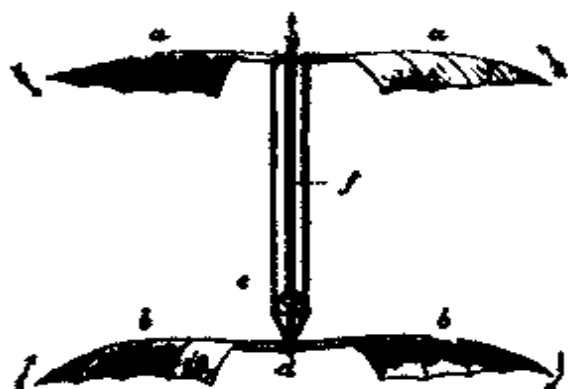
现在，重于空气的飞行已经有了三种基本形式：第一种飞机使用的螺旋桨或是喷气机通过飞机顶端的机翼产生的升力使飞机离开地面，在空中起飞。自动旋翼飞机多了一个向前的螺旋桨，只是它没有机翼，取而代之的是顶端的一个大螺旋桨。第二种飞机的螺旋桨是靠惯性滑行的，不加任何动力，它只在空中旋转，从而带动飞机上升。最后一种飞机的螺旋桨加了马力，带动飞机竖直上升，并在同一点将动力和升力合二为一。

继列奥纳多之后，直升机的创新再次垂青法国。1784年法国推出一种全新的直升机模型，这种模型主要靠绞索驱动，与此同



时，气球飞行也正轰轰烈烈的兴起。19世纪各种各样设计新颖的直升机模型纷纷在欧洲登场。

1874年，24岁的法国试验家阿尔芬斯·佩诺（Alphonse Penaud）设计了一种用橡皮筋作动力的飞机模型玩具，他运用相向转动的上下两个螺旋桨来保持机



佩诺的直升机玩具，选自1897年《大英百科全书》

体平衡。19世纪，这种玩具在孩子们中间很流行。米尔顿·莱特（Milton Wright）牧师给他的儿子奥维尔和威尔伯买了一个，日后之事可就载入史册了。

接着，造直升机热升温。1877年，埃瑞科·法拉尼尼（Enrico Forlanini）在意大利的米兰试飞了一个巨大的靠蒸汽驱动的模式飞机，它在约15米的高空中飞行。1907年，法国人保罗·科努（Paul Cornu）成功试飞了一个精巧的双螺旋直升机，留空时间为20秒钟，和早先4年前的莱特兄弟一样，科努也是一个自行车制造匠。还有许多别的人也制造了直升机，但多是马力不足，且难于控制。20世纪20年代，较易控制的旋翼机问世了，大家的注意力也随之转移。

1939年，尹格·西科斯基（Igor Sikorsky）在美国造了第一架真正的直升机。在此之前的30年，他曾在俄国做过类似的努力，可他失败了。后来又经过30年的不断设计和大量先进技术的运用，他终于成功了。1936年，德国人已建造了直升旋翼机（阿者的合成品），它同时运用升力及牵引力两种螺旋桨，在西科斯基造成直升机的同时，德国人也放弃在模型旋翼机前面的螺旋桨，造出了纯直升机，很快俄国也仿照德国造了直升机。第二次世界



大战后期两国都动用了军用直升机。

早在飞机之前直升机就已生根于人们的脑海中了，可是这个梦想的实现却如此漫长和艰辛。圆梦的道路中多是只成功了一半的发明者，简单的认为把动力和升力综合到一个大螺旋桨上的行为，导致了严重的设计错误。500年前，列奥纳多自己陷入了这个简单化的泥潭不能自拔，他没能发现用单个螺旋桨是很难控制飞行的。简单遮盖了复杂，错误地引导着设计者，直到1936年螺旋驱动飞机问世为止。

还有一个问题一直戏弄着它的发明者们，他们从一开始就考虑找一块平地起飞降落，在莱特兄弟之前，就有人考虑用水面代替平地，而莱特兄弟是在一对铁轨上起飞的。第一个真正在水上起飞的人是亨利·法布尔（Henri Fabre）。1910年，在马赛附近的一个海港，他开着他那个单薄的小型水上飞机，成功飞行了2.4公里。

3年后，一架水上飞机开始了第一次商业运输，它往返于佛罗里达州的坦帕和圣彼得斯堡，航程32公里，一天两次，飞机每次只能载一名乘客，票价5美元。

20年后，商业性的水上飞机或者说“飞艇”已经是空中庞然大物，乘飞艇越洋的主要感觉是非常的安全，这也是使用飞艇的原因。1928年，泛美航空公司的“西科斯基”号水上飞机可载10名乘客，其服务已延伸到美国中部。到了1934年，更大的飞艇，如马丁M-130取代了它的位置。马丁号的航程为4800公里，可载40人。最大的成功航行飞艇为波音314，昵称“卓越的美佬”（Yankee Clipper），泛美航空公司从1941~1946年间就一直运行这种飞艇。它的翼展和波音747差不多，载客70人，航程6500公里。

在“卓越的美佬”之后，又出现了几种设计完美的大飞艇，但是它们出现的时机不好。最大的是休斯-海格立斯——译名



“大力神”号，它的翼展是波音 747 的一半，可载客 700 人，性能比著名的“云彩天鹅”更为优越。1947 年，霍华德·休斯 (Howard Hughes) 驾驶它在洛杉矶港湾上空 10 米飞翔，之后它就被放在那儿的机库内一直至今。无言地用自身的复杂结构证实着休斯公司的实力。

霍华德·休斯可能当时就已预见到事态的发展趋势了。第二次世界大战后，大型螺旋式客运航班和喷气式飞机相继出现，水上飞艇逐渐失去其优势，因为这些陆地着陆飞机能够直接飞越大洋，那么就没必要把飞越海洋和陆地的飞机分开使用。而且飞艇本身体积、质量都很大，设备也很糟糕，不适于使其速度接近音速。当然庞大的体积使它非常宽敞，尤其是它拥有两层或三层的内舱，怎么看怎么像鲸鱼。^[6]

今天，加拿大和阿拉斯加仍使用小型飞艇，因为在那里的水域多于平坦的陆地，而大型飞艇的确曾风光一时，代表着把飞行技术的发展引入歧途的最后一缕余辉。

现在，我们已能高高的飞到彩虹之上，当我们整齐的坐在座位上就能飞到云彩之上时，耳边却感受不到呼呼的风声，飞行就失去它神秘的魅力。我的父亲曾在第一次世界大战中驾驶过用帆布和木头造成的飞机。他曾跟我讲起过发生在 20 世纪 30 年代初的一件事：他当时坐的是一架 DC-3 型商用客机（我猜是，但不确定）。当那个飞行员得知一位战时飞行员坐在他的机上时，就把驾驶舱让给了我父亲。“来，你来掌舵，”飞行员说。我父亲便掌起了舵，他全身用力（这在驾驶老式双翼飞机是必须的），一不小心把飞机开离了航线。现在，驾驶飞机简单到稍微动一下手指就行了，根本不用像以前那样要使出浑身解数。

对我父亲来说，飞行只是雕虫小技，就像跳下谷仓对当年的小男孩来说是一件巨大的挑战一样，等他长大成人再来做时，就变成区区小事了。从 1783 年到现在，由于定期航班的出现，我



怀疑飞行是否失去了它最初的魅力。但是不管怎么说,人类的渴望仍存在,只是科技已使它们发生了变化,就像它曾经对泰达罗斯所做的那样。

-
- [1]中国风筝载人试验见 R. Temple 所著的《中国天才》(*The Genius of China*, New York: Simon & Schuster 1986)第九章。
- [2]埃及的“飞机模型”见 I. van Sertima 编辑的《科学的黑洞:古老与现代》(*Blacks in Science: Ancient and Modern*, New Brunswick, N. J.: Transaction Books, 1983)1998 年版, 92~99。
- [3]当代很多文献都提及了 Daedalus 飞行,如 1988 年 5 月 2 日《时代》上刊出的 C. Gorman 的《人力飞行》“On the Wings of Mythology”,第 67 页;1989 年 1 月《发现》上刊出的 J. Kluger 的《与神话共飞》“Human-Powered Flight”,第 70~71 页;1988 年 8 月《国家地理》上刊出的 J. S. Langford 的《泰达罗斯的胜利》(“Triumph of Daedalus”),第 190~199 页;1988 年 4 月 30 日《科学新闻》上刊出的 I. Peterson 的《一只翅膀和一个车蹬子——动力飞行》(“On a Wing and a Pedal”),第 277 页。
- [4]关于早期的气球飞行家详见 T. D. Crouch 的 *The Eagle Aloft: Two Centuries of the Balloon in America* (Washington D. C.: Smithsonian Institution Press, 1983); D. D. Jackson 的 *The Aeronauts* (Alexandria, Va: Time-Life Books, 1981); L. T. C. Rolt 的 *The Aeronauts: A History of Ballooning, 1783 ~ 1903* (New York: Walker and Company, 1966)。
- [5]见 Rolt 的《飞行》(*The Aeronauts*),第 72 页。
- [6]关于包括直升机、飞船在内的早期民航发展史详见 E. Angelucci 著的《世界民航百科全书》(*World Encyclopedia of Civil Aircraft*, New York: Crown Publishers, Inc., 1982)第 1 章。



第9章 观念和技术的更新

我们把机器看做一面镜子，但是这面镜子中我们究竟看到了什么？在它的衬托下革新究竟是怎样发生的？其实，这面镜子此时成了一种特殊的反射物，第一次看到一面镜子——一种新机器时，人们很难立即从中看到他们自己的身影，这是因为反射有一个时间迟滞期。

假设你出生于婴儿潮^①时期或年龄稍大点，一定还记得你第一次看到计算机时的心情：既没有要占有它的冲动，也没有想入非非。人们不可能需要从来没有用过的东西。然而仅仅是为了那第一眼，也让我们经历了一个漫长的过程。

你总会有一些朋友对于这个新家伙感到无所适从，不知道是接受它可能给自己的生活所带来的变化，还是应当尽量逃避它。虽然寻求变化是人的一种天性，但人们却对变革心存戒心。

我用过的第一台计算机非常大，几个房间才装得下，我们非得用穿孔卡片才能和它进行交谈。但是，即使是最简单的对话，也可能会延续数周之久。我们让它吃进8厘米长的一张卡片，然后再等上24小时，然而，由于某个执行程序中点错了一个句号，导致一个循环语句出了差错，最后它输出来的500多页的文件就

^① 婴儿潮，指1945年二次大战后美国的大量新生儿的出生。——译者注



只是一堆乱码。20 世纪 60 年代我们开始用计算机进行运算，这之前，机器运算几乎是天方夜谭。并且在这一过程中，我们也曾几经挫折而大失所望。这里，我们所谈论的还只是计算速度的递增，而我们真正需要的，却是一面能够更精确地反映人类本性的镜子。

20 世纪 70 年代，人们终于能用键盘与计算机进行直接交流。我们随之意识到可以在计算机上写文章，然后再把它打印出来。那时的计算机可不管什么管理文本的事儿，于是我们便开始觉得应当把文字处理的逻辑置于计算机内。于是，在 20 世纪 80 年代早期，市场上便出现了商业性的软件——捆绑成套的软件，使我们可以直接从键盘输入命令、处理文字和进行计算。新的程序语言逐渐减轻了机器语言所带来的麻烦，变得越来越接近于人类语言了。

当计算机日益人性化的同时，我们也在改变自己去适应计算机。我们改变了工作的方法，写作的风格，乃至我们早已习惯的交往方式。随着计算机吞并了老式乘法和长数字除法算法，我们的计算观念也随之彻底改变。同时，宛如另类它物，计算机在我们的身边做着越来越多的工作。

当我们看见 BIM 计算机第一张图片时，它们的巨大驱动装置被隔离在干净的房间里，我们第一次看见这张图片时会有何感受呢？当我的父亲见到生平所拥有的第一辆汽车穿过伊利诺斯州的玉米地时，他决不会想到这个城市会完全被那种新型的交通工具所改变，而他自己将在这样一个城市里度过他的余生。他同样也没有想到汽车将会最后改变自身去适应人体的需求。

1959 年当我们计算机研究组中的一个同学告诉我他正在用计算机处理一些运算时，我对它的了解并不比父亲在 1900 年时对干汽车的了解多，如果当时他告诉我他正在改变人类的历史，我肯定会笑话他。但是他确实是这样做了，因为他已经迈出了将改



变人类本身的镜像化过程的第一步。

类似的进程早在计算机和汽车产生之前就开始了。在这一章，我将列出几个复杂的史例来说明受技术推动、激发所产生的这一镜像化过程，通过追溯几种技术的发展轨迹与人们态度的互动作用，使人们能够略微窥视到变革的进程是多么的复杂和艰难。

那么，首先让我们回到公元8世纪。当时，罗马帝国处于即将苏醒的前夜，而西欧还是一片原始荒蛮之地。然而最终，由于中世纪欧洲的工程师们利用了水能和风能，欧洲一跃而起成为新文明的中心。而相比之下，罗马人只会依靠奴隶，他们从来不曾想过该如何充分利用这种自然资源。但是欧洲的发展发轫于欧洲农业的发展，从而足以供养镇上的石匠和技工——那些可以自由创造能源的人。之后，正是出于这种需求，人们想到应该用一种更强壮的家畜来代替笨拙缓慢的耕牛来犁耕北欧那片沉重潮湿的土地，从此，马便融入到了欧洲农业生产之中。

8世纪中期，为满足军队的需要，法国国王开始下令大量喂养马匹，因为马在三方面而不适合耕种：（1）马蹄在潮湿的土壤里会变得柔软脆弱而易折。（2）当给它们套上牛轭时，它们就会因为气管受压而喘不过气来。（3）马饲料的要求高于牛饲料，除了草之外，马的饲料中必须掺入一定量的粗蛋白质。

9世纪马被用于农业耕作时，靠钉蹄掌和用马项圈的方法解决了其中的两个问题，而解决如何喂养的问题成为一个棘手的难题。这时，出现了另一种耕作方式，这就是农民将他们的土地一分为二，他们耕种其中的一块，而使另一块休耕。以避免因为过度攫取土壤中的养分导致土地过分贫瘠。随后，有人发现如果在秋季耕作一种农作物，一年半以后的春天耕作另一种农作物的话，一块土地两年可以耕作三次。

农民还可把他们的土地分成三部分。一块在秋天里种植黑麦



和小麦给人吃；第二块土地则在春天里种植人类食用的豌豆、大豆和扁豆，而同时种植的燕麦、大麦可以用来喂马；第三块土地则用以休耕，这样，人们就可以每年轮流使用三块土地。记得有一首春天耕种的儿歌是这样的：

“你，我，他，大家都知道，燕麦、豌豆、大豆和大麦是怎样生长的吗？”

蹄铁和马项圈可以被直接应用。但这种聪明的举措也是花了我们近 200 年的时间才得以推广。三田轮流耕作要求人们重组他们的财产，并且改变了他们的社会序列。^[1]虽然有潜在的利益驱动，三田规划实行起来却非常困难。这一变革最终于 11 世纪末得以实现，进而导致了欧洲伟大的文艺复兴的产生。11 世纪，马蹄铁这样的小事不仅折射了中世纪人的思想，并且使之膨胀，最终导致了西欧创造出一个崭新的文明。

与之截然相反，另外一些例子——它们的变化如此之迅速，令人目不暇接，以至于历史学家们目前仍然在孜孜不倦地探究着它们究竟是在何时发生的。人们很难确定机械表的发明时间，不是因为人们对它的早期形式记录得太少，而是因为记录的内容有误。对于第一个使用机械表的人来讲，它只不过是改进了的老式水动力表而已，在此之前水动力表已经用了数千年了。当时的记载只推写了机械表的外貌，并没有对它的关键性的工作原理多着笔墨。

水动力表将恒稳的流水按一定的规律注入到一个垂直的水槽中，槽中水面的上升显示出每天的具体时间。原理非常简单。但水动力表外观巨大，内部结构复杂，需要大量的齿轮才能工作，这一点与后来的机械表有异曲同工之处。水动力表通过钟来整点报时，像今天的钟表一样有一个表而。

不仔细看，机械表与水表没什么差别，但是机械表内部有一个摆轮（表上的平衡轮或老式表上的钟摆）负责调节时间，像我



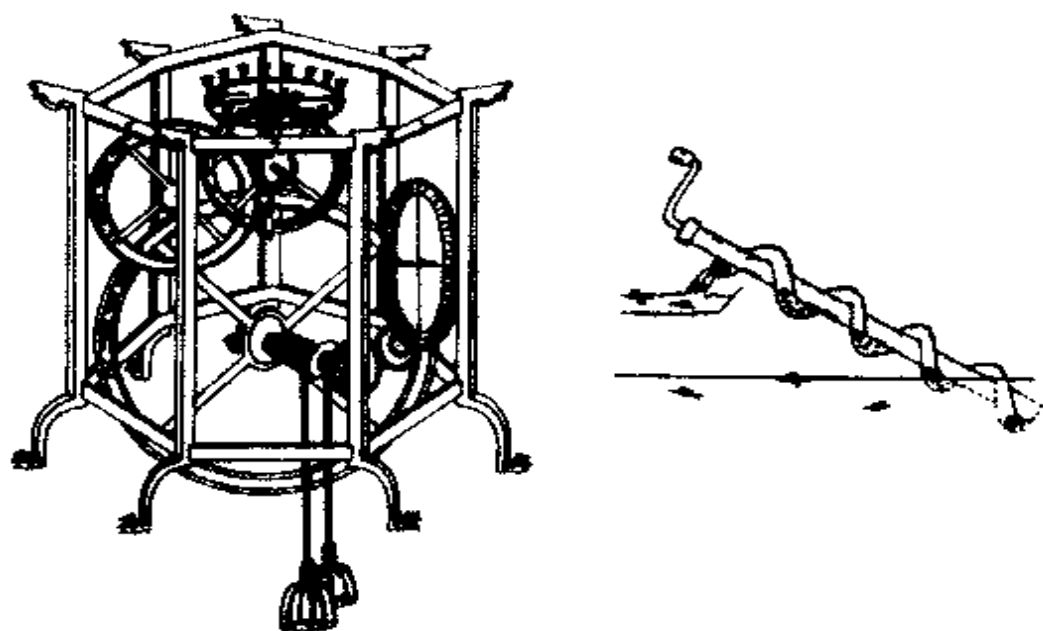
们在第5章中所看到的那样，摆轮匀速运行，使齿轮以平稳速率、等距离向前跳跃。我们所知道的第一个摆轮是13世纪中叶的法国建筑师韦拉·德·奥内库尔特（Villard de Honnecourt）所描述的，准确地讲他并没有用它控制时间，相反，他发明了一个有意思的小装置，白天，太阳在天空中移动时，这个小东西可以一直指向太阳。

在随后的100年的时间里，修道院的记载中都提到过钟表、齿轮和钟塔，但是钟表的技术用语并没有随之改变。雅各布·迪·盾蒂（Jacopo di Dondi）父子在1364年清楚地绘制出了第一张机械表图。在此之前，迪·盾蒂父子俩至少有20年的制表经历。虽然我们没办法确定，但是有迹象表明，机械表的发明时间比这一记载更早些，大概是12世纪晚期。

如此巨大的变迁只留下微不足道的痕迹似乎有些不可思议。水动力表的误差每天最多可达15分钟左右，与最初的机械表差不多。而钟表匠们现在却可以快速修正机械表的精确度。从14世纪到1920年期间（此时电子装置被引入手表工业），钟表精度每30年就会翻番。随后，这些新的机械表在西方世界的思想领域为精确这一概念的确立建立了新的标准——最初在仪器装置方面，最终则作用于思想本身。^[2]

一个时期最重要的技术，往往在当时并不是最引人注目的，它所带来的巨大的变化往往是逐步显示出来的。机械表的使用是这样，使用马匹农耕也是这样。13世纪机械表几乎悄无声息地潜入到西方人的概念之中，而他们的思想转变过程则在14世纪才开始。

一种技术的使用还取决于另外一个复杂因素，即人们的期盼值。例如阿基米德螺旋泵的故事。公元前3世纪，阿基米德发明了一个非常奇妙的水泵，直到今天世界各地的人们仍在使用这种水泵。水泵看上去是在一根长轴上缠一根管子，倾斜的长轴使软



上图：钟表图（摘自 di Dondi 的手稿 *Conficiendis Horologiis*，1364）

下图：阿基米德螺旋泵，又称为阿基米德旋转泵

管底端浸入水中，然后再使长轴复位，水从下方的管口进入，当它翻转后，水便从一个循环管流入另一个循环管，直到从上端流出。它的构思非常巧妙，常人不可能想到这一点。

阿基米德水泵在古代广泛流传，甚至载入罗马人的著作之中。当然他们也只是试图记录清晰些，因为文字本身很难描述它的复杂结构。中世纪的欧洲，这种水泵并没有充分发挥作用，因为那时的欧洲人的看法受重新发现的亚里士多德哲学的制约。亚里士多德曾将运动分为泾渭分明的两类——直线运动和旋转运动，阿基米德水泵综合了这两种运动。依靠旋转使水沿轴线向上运动，这与亚里士多德的思想是背道而驰的。

但是变革之风势不可挡，1565 年，文艺复兴时期一个名叫吉斯普·塞拉笛的人（Giuseppe Ceredi）获得了亚里士多德抽水筒的专利。他系统描述了抽水筒的构成以及如何使用这些由抽水筒构成的装置进行灌溉和排水。开始我们或许感到奇怪，吉斯普·塞



拉笛怎么能从一个世人皆知的装置中获取专利呢。但是只要我们把他所绘制的多维制图、流程计算和经济分析与罗马人的那些无法读懂的描述做一个对比，就会觉得吉斯普·塞拉笛是当之无愧应该获得这项专利的了。^[3]

就算吉斯普·塞拉笛是从古老的文字记载中截获了这种思想，他也为之添加了血肉，并且使它更加完整和丰富。吉斯普·塞拉笛以后，这种水泵在欧洲南部被迅速推广和采用。这可不是像某个作者所写的那样，“这玩艺是个农民就会造”的小把戏。当时，人们决不会自然而然地接受那玩意儿，因为人们直觉上不相信直线运动和旋转运动的结合。塞拉笛不仅拥有一个复杂的想像力丰富的主管视觉功能的右半脑和一个发达的主管具体操作和细节构造的左半脑，而且他还拥有能够冲破亚里士多德思想束缚的过人胆识。几年后，伽利略向亚里士多德的运动论进行了直接的冲击（像我们在第5章中看到的那样）。塞拉笛对阿基米德水泵的再发明成为那次哲学革命的先驱。

一个非常实用的想法被束之高阁了这么长时间让人感到吃惊，但在科技史上这类事件屡见不鲜。例如英吉利海峡，千百年来，一直横亘在英法之间，成为两岸人民来往的障碍。

在英格兰和法兰西之间，冰冷而瘠人的海水最窄处只有34公里宽。让我们倾听一下莎士比亚描述亨利五世的军队准备渡过海峡对法宣战时的豪言壮语：

我们将为你护航，
顺利抵达法兰西海岸，
再在海峡施展魔法，
保佑你归航平安。

事实上，穿越这样险恶的海峡，从来都不是轻而易举之事，也很难在那么深的水里施展魔法。因此，人们要想方设法渡过那



片深水域也就不足为怪了。直到 200 年前，布朗夏 (Blanchard) 和杰弗里斯 (Jeffries) 在气球的协助下穿过了英吉利海峡，才使人类第一次依靠船以外的工具征服了这道天然屏障。

横渡海峡最原始的方法当然是游泳。1872 年以前，也就是人类第一次飞越这一海峡之后的 100 年间，没有任何有关横渡这一海峡的记载。3 年后，即 1875 年，马修·韦伯 (Matthew Webb) 第一次成功了，他用了 22 个小时横渡英吉利海峡。

和气球一样，比空气重的飞行器也很快被吸引来参加海峡飞越。1908 年，即莱特兄弟第一次成功飞行 5 年后，伦敦的《每日快报》出资 1000 英镑奖励第一个成功飞越海峡者，当时，离欧洲人第一次飞行成功也才不过 2 年。1 年以后，法国飞行家路易·布莱瑞尔特 (Louis Bleriot) 赢得这笔奖金。随后，在 1979 年，第一架人力飞机，高萨玛·阿尔伯特斯号飞越海峡，赢得了奖金为 10 万英镑的克莱门奖，高萨玛·阿尔伯特斯号飞机重 34 公斤，外形非常奇特，在飞行 3 个小时中，全靠飞行员布莱恩·艾伦 (Bryan Allen) 不停地踩脚踏板，带动螺旋桨飞行，就这样，它被载入人类飞行史册。

直至 10 年以前 20 世纪中期之后，人们才找到穿过海峡最切合实际的方法——挖掘隧道。但是这个伟大工程的实质也只不过是新瓶装老酒——换汤不换药的把戏而已。修建隧道的想法，可以追溯到拿破仑时代。早在 1881 年，英国和法国就已经开始着手修建一条隧道，后来因为英国人担心隧道会成为法国入侵的便利通道而搁浅，20 世纪 70 年代末，英国开始修建了另一条隧道，后来因为没有足够的资金而被迫放弃。

1994 年，英国和法国最终打消各自的顾虑，接通了海峡隧道。为了修筑海峡隧道，他们钻凿了两条火车主隧道，同时还修了穿过水底石灰岩把他们连接起来的一条小隧道。隧道从法国的加莱延伸，最终和以英国的福克斯顿为起点的隧道相连。一项技



术工程的突破最终克服了人的观念上的巨大障碍，打破了由来已久的僵局。^[4]

现在让我们从另一个角度审视观念问题，即当一种变革进行时，人们往往看不到它所能带来的巨大变化。19世纪早期，狄奥尼索斯·拉德纳牧师（Dionysius Lardner）写了一些技术手册。第一本在1828年出版，书名是《普及蒸汽机的讲座》，这时，瓦特蒸汽机已经成熟近40年。拉德纳的书很快在美国和英国以几种不同的版本发行，到了1836年，它几乎无所不包：从油料的获取，到预测铁路投资规则等。拉德纳当时谈论起这种新机器所产生的潜在能量时，盲目乐观情绪溢于言表，而这种情绪在今天仍然不绝于耳，人们常戏剧化地对新生事物大加赞扬。

最近的一则报道说，在克伦威尔士诞生起了一台蒸汽机，据说这台蒸汽机只需燃烧一蒲式耳（约合36.37升）的煤……便可以把56.7万吨的重物举高30厘米。埃及的金字塔重580万吨，为修建它耗费了10万个劳力20年的时间，而现在只需燃烧479吨的煤，竟然就可以把它举起来。

为了打消人们对日益增长的煤炭消耗的不安，接着他又非常从容地说：

工艺界、制造业和航海方面所消耗的大量的煤炭，让人担心煤矿可能会被开采一空。然而，丰富的矿藏和地质专家都已证实了这些忧虑大抵只是杞人忧天，按照目前的用煤量计算，仅诺森伯兰郡煤田和达累姆煤田就足以让人们开采上1700年了，而威尔士南部盆地的煤矿则可以开采长达2000年之久。

然而，事实上，这些煤根本不能满足英国目前对能源的需求。另外拉德纳没能预测到能源需求的不断增加，而且他还坚信



科技的进步将会解决所有的问题，这一点与我们今天的许多看法如出一辙，在讨论人口、能源、污染和其他的现代问题时，我们可以经常感觉到这种盲目的乐观与自信。

照此推测……不应该忽视改进和发现的……进程，哲学之手已经指向了取之不竭的能量之源，我们正处于以往任何机械成就都难以企及之发现的前夜。^[5]

显然，拉德纳低估了人类的需求，但是，他预见了一个可怕的事实，不论是愚蠢的奢侈还是真正的需求，人类的智慧将会创造出我们做梦都不敢想象的事情。

人们这一盲目乐观情绪弥漫于整个后工业革命时期，而这种乐观的情绪也促进了技术的突飞猛进。乐观主义者认为我们可以通过一系列的发明，把世界改变成我们想要的任何样子。有一个人明确地表达了这一观点，他是一个年轻的男爵，名叫尤斯图斯·冯·李比希（Justus von Liebig），我第一次听说到李比希这个名字，是在1953年，当时我正在撰写化学物质苯胺特征的硕士论文。

我当时刚好获知苯胺的染色基可以制成比较理想的火箭燃料，然后我学会了如何从一个名为《李比希化学年鉴》的期刊上查找数据。数年后，我发现了李比希不平凡的生命历程与我当时正在研究的苯胺是交织在一起的。

1803年，李比希出生在达姆斯达特（Darmstadt）。20岁时，他只身来到巴黎，曾从师于法国著名的化学家盖-吕萨克（Guy-Lussac）一段时期。盖-吕萨克让他茅塞顿开，一种新的观念进入他的脑海：化学研究离不开精密实验。李比希回到德国后，在基森大学任教，在那里，他把自己——一个年轻人的全部激情倾注于精密实验之中。

李比希一门心思要建起一个实验室，即使是用自己的工资来



购买设备也在所不辞。于是到了 1827 年，他已经拥有了一个 20 人的化学科研中心。听起来这似乎平淡无奇，可当我们了解到李比希的化学实验室是世界上第一个实验室时，就不得不青眼相加了。由于他在有机化学、药理化学和农业化学方面所做的贡献，李比希赢得了人们的尊敬，然而，他最大的贡献是组建了世界上第一个实验室。而其他的化学家则为跟上他研究的步伐不得不效仿他。在李比希以前，研究只是一种业余活动，不久这些新型的实验室使科学成为一种新的职业。

1843 年，李比希从前的学生送给他一种从煤焦油中分离出的油质。在实验室里，李比希在这种油质中发现了一种化合物，它与硝酸反应后可以生成天蓝、黄色和大红色的物质。这种化合物，正如李比希早期预料的那样，是苯的一种形式，只不过它的一个氢原子被一个氨基所置换了。他们把这种化合物命名为苯胺。1860 年，德国就已经建立了一套全新的苯胺基染色工业，从此德国的化学工业步入世界领先行列。

当然，这种领先来自于李比希关于系统性研究、发明以及发展的构思和展望。当德国人建立起他们自己的印染工业时，爱迪生和其他一些人在美国对李比希实验室做出了自己的诠释。人们都非常清楚 R&D 实验室对美国人的生活产生了怎样深远的影响，而这都来自于一种年轻的活力。当一个师长，伟大的化学家盖-吕萨克，扣拨他 20 岁学生——冯·李比希的心弦时，20 世纪人们心目中所确立的科学研究意象也就随之诞生了。^[6]

白发老人会向人们述说李比希发明的是发明的方法——为我们这些拥有现代观念的职业科学家和工程师们开了先河。有关发明的话题就谈到此，当今的科研机构会聘请这些新型的专职人员进行有组织的发明创造。

19 世纪的发明变化得如此之快，以致于超越了人类的理解范畴，不可思议的变化比比皆是。李比希 4 岁时，富尔顿蒸汽轮船



已经成形，就是一个很有说服力的例子。这种蒸汽轮船装有两个船帆。因为河流很少能提供帆船航运的空间，美国的河运很快就淘汰了帆船。但是在海运中，对已被使用几千年的帆船的淘汰，却又该另当别论了。

1819年，美国的萨凡纳号邮船横渡了大西洋——当她马上就要抵达爱尔兰时，由于燃煤用尽，不得不完全靠帆来航行。1837年，当英国航船大东方号建立了固定的大西洋旅客航运业务时，船上仍然装有船帆。因此，请你猜猜看要多久之后，人们才会有足够的信心放弃使用造价昂贵的、仅仅是为备不时之需而保留的船帆、桅杆、绳索以及额外的船员？

船帆退出历史舞台的日子可以追溯到美国南北战争中归北方所属的监查号和1862年联邦所属的玛丽麦克号。这些以蒸汽机为动力的装甲舰由于只在海岸边服役而没有装备船帆。但监查号有一个全新的特征：在船中央原来放置船桅杆的地方，建起了一个炮塔。此时守旧的英国海军试图将装甲战舰上的固定火炮换成可以转动的炮塔。但是他们发现桅杆和桅锁会干扰炮塔的射程范围（监查号就没这种问题）。在19世纪60年代，英国人顽固的坚持靠船帆航行，并且建造的船只同时装备了炮塔和桅杆。但是这些船给他们带来的，却只是更多的麻烦。

直到1871年，富尔顿发明蒸汽轮船的64年后，英国海军才冒着巨大风险让一艘没有装备船帆的海洋战舰服役。这艘战舰就是德瓦斯特兴号，它确立了未来英国海军武装力量发展的模型。但是很多商船和轮船沿用帆船的历史一直延续到20世纪——从第一艘远洋蒸汽船问世起，已经经历了整整一个世纪之久。

人们不禁要问这究竟是出于节约燃料的考虑还是因为人们的思想因循守旧。现在，一些船舶设计师主张在商船上增加现代形式的船帆以增加一个动力源。你可以用很多乃至任何词汇来描述这些19世纪的工程师，但绝不能用“守旧”这个词儿。然而船



帆却被保留了那么久，这便使它理所当然地成为工程学领域保守倾向的典型事例。然而如果我们还记得我们所讨论的在科技方面所隐含的保守力量的话，这种保守主义也就不难理解了。当第一批蒸汽驱动轮船出现的时候，船帆意义就远远超出技术职能了。它已经融进我们的语言、思维以及我们自身的存在。“千帆竞发”、“一帆风顺”便是最好的例子。

海洋艺术家斐滋休·莱恩 (FitzHugh Lane)，1852 年在画纽约港捕捉到了这一幕，他笔触细腻地勾画出了一个繁忙的海港，这些镜头恐怕早期的照相机也没能捕捉到。15 艘大船清晰可辨，画的前部是两艘帆船，十分抢眼，这是刚出厂的用于欧美大陆间廉价的货船。再看画的后一部分，有一艘传统的三桅杆远洋船，另外还有三种摇橹船零星点缀于画面上。

莱恩作画时，蒸汽轮船已经广泛用于海上运输，这一点已经体现在莱恩的作品中。第三种船便是蒸汽船。另外，港口边还停泊着一只河运船。在画面上还可以看到两只蒸汽拖船，其中一只只是明轮船，像富尔顿发明的第一艘船那样，以老式瓦特蒸汽机为动力；另一只则以现代的螺旋桨为动力，与现在的拖船非常相似。最后，在背景中，一艘新的远洋蒸汽轮船依稀可见，它看上去很像富尔顿造的第一艘船，船上带着一个小帆，两翼有一对桨轮。^[7]

我们的技术时而会在形式上发生突变，莱恩的画里恰恰表现了这种正在发生着的变化。这幅画问世前 9 年，淘金热之前，我的曾祖父乘帆船从瑞典来到美洲，他只身徒步穿过草原来到加利福尼亚，然而，淘金热刚刚过去，他又搭乘蒸汽船离开这块新土地，去了巴拿马。19 世纪中叶，从帆船到蒸汽船的变化就是如此的迅速。

技术的巨变也反映在从那时候起 60 年间人们所拍摄的城市街道的照片中：各种各样的马车穿梭于以蒸汽或汽油为驱动力的



汽车和各种各样的自行车之间。同样，近代以来，许多人的办公室照片显示了末代打字机毫无希望地苦苦挣扎，不肯让位于新式文字处理机的场面。依萨姆巴德·K·布鲁内尔（Isambard Kingdom Brunel）的大东方号建成于1858年，她的船体上装有许多船帆，与泰坦尼克号是世亲。大东方号和泰坦尼克号初次下水的时候都享有有史以来最大的，同时也是最著名的船只的殊荣。

大东方号长约230米，53年以后下水使用的泰坦尼克号几乎达到了长300米。无独有偶，她们都是在下水后不久遭遇了灭顶之灾。

大东方号的设计者布鲁内尔是钢铁制造大师。他对工作一丝不苟，大东方号的建造，就充分体现了这一点。这艘船是客轮，为了提高其安全性，布鲁内尔不惜重金，该船有双层外壳，舱壁将其分割成蜂巢状，形成50个防水船舱。但是布鲁内尔太高估自己的船了。它的设计太复杂，因而，安全性能不太可靠。尽管如此，



这幅“大东方号”的图片来自于1919年的儿童读物，请注意那些桅杆和为数众多的船帆，它们均具有辅助蒸汽桨轮的功能

大东方号仍然在大西洋上航行了两年。然后，1862年，在长岛她撞在一块海图上没有标出来的暗礁上面，船体被撞出一个24米长、3米宽的大裂缝，所幸靠内壳的支撑，她总算安全抵达纽约港。

泰坦尼克号下水时的情形则大相径庭。那时，大西洋航运已经规模庞大且有利可图了。渐渐地安全标准被商业压力所取代。泰坦尼克号的底层设计成双层，可是她的左右舷却只有一层。虽然只要一下子，它的15个船舱就可以被密封起来，但是它的舱壁，却因为方便游客而被打开并安装上了便门，船上配备的救生



艇又很少，但是她的华丽外表太诱人了，为什么当时人们认为她是非常安全的呢？历史学家瓦尔特·洛德（Walter Lord）说：“表面的安全被误认为是安全本身。”

1912年当泰坦尼克号在北大西洋轻轻擦过一座冰山时，可完全不像大东方号那样幸运，水是从船舷三角处不断渗进来，她的金属挡板被轻而易举地折断了，形成了一个80米长的口子。这足以使她在2小时40分钟以内葬身海底。^[8]

这里我们涉及了第15章的中心议题：观念问题。泰坦尼克号事故的一部分责任恰恰归因于大东方号的成功。1912年的人们陶醉于这种成功里，同时忽视安全的思潮也同时在酝酿之中。在人类的历史长河之中，此情此景循环往复，屡见不鲜。例如，挑战者号航天飞机坠落以前，美国国家航空总署的安全记录好得出奇，以致于我们忘记了火箭发射的内在危险——触即发这一基本事实。

泰坦尼克号、挑战者号、塔科玛纳洛斯桥^①以及兴登堡防线^②都在时时警醒我们，作为工程师，我们在设计创造兴奋之余，必须要对这些危险心存余悸。

① Tacoma Narrows Bridge，位于美国华盛顿州塔科玛市，横跨约2公里宽的纳洛斯海峡，是一座吊桥，于1940年7月1日完工并开放通车。由于在设计时没有考虑空气动力学，因此自通车的第一日起，桥梁便持续性地大幅上下震荡并永不停止。没多久，该桥的交通量即大幅剧增，人们远自数百公里外开车过桥就为了享受行驶滚动桥的有趣驾车经历。4个月后，即1940年11月7日，该桥在风中持续摇摆，整座桥甚至扭曲起来，历经了80厘米的上下震荡后，在桥中央支撑的缆索猛然断裂，整座桥终于垮下来。州政府随后发表了感性的演说，告知世人：“我们将再建造一座完全一样的桥梁，跟以前完全一样。”1950年新桥建成，长1661米。——译者注

② Hindenburg Line，位于德比边界的兴登堡防线是第一次世界大战期间最著名的防御工事，是一个坚固的防御体系。兴登堡防线兴建于1916年9月，1917年3月基本建成。在以后大约1年的时间里，协约国军队对兴登堡防线发动了数十次进攻，但都未能突破防线阵地，直到1918年10月，德军由于防守兵力严重不足而被迫后撤，协约国军队才趁机攻破了兴登堡防线，占领了德国本土。1918年11月，德国向协约国宣告投降。——译者注



尽管如此，我们还必须看到，成功还有其他的一些形式，有些科学技术如此完美无缺，因此不仅获得了持久的成功，而且发展成了美的标志。如在第7章中提到的印第安人所制造的独木舟；两个半世纪前的意大利人至臻至美地以类似的技术奠定了现代的小提琴技术基础。虽然，阿玛提（Amati）和其他一些非常著名品牌的小提琴装配了新的琴颈、琴马和琴弦，小提琴的演奏方式也今非昔比，可我们不要忘记，早在250年以前这种乐器就已经趋于完美了，而今天我们也只能如法炮制。

虽然早期的成功的确是一种危险，同时它也使得许多技术获得了永久性。1934年DC-3空气客机投入使用，就它的功能而言，并没有因其他飞机的问世而起任何变化。直到今天，只要需要用小型飞机在小型机场起降，进行短距离运输，只要能买到DC-3型飞机，人们仍然愿意继续使用这种飞机。

今天的飞机很少具有这样的功能；如果需要的话，道格拉斯DC-3飞机仍然是一种特别合适的飞机。后来的建筑绝非比沙特尔大教堂（Chartres Cathedral）^①更胜一筹。我们或者说文字处理系统是书写工具——笔，在形式上的一种进化。虽然书的部分功能已被电脑所取代，但是毫无疑问，印刷的书本将永远和我们在一起。一旦一种科学技术证明了自身的价值，它将在人类的精神世界里留下痕迹，永远难以磨灭。

关于观念和发明的事情我们虽然言犹未尽，但是我们不得不转到另一个全新的观念，在下一章，我将谈一谈有关促进人类死亡的科技，这件事儿关系到全人类，今天，在我们对科技畅所欲言之时，不能不聊一聊这个话题。

^① Chartres Cathedral，1260年建成，是著名的哥特式天主教堂。教堂位于法国西北部沙特尔市的一座小山上，俯视全城。它最著名的景观是彩色玻璃窗，光线穿过可产生奇特的“沙特尔蓝色”。——译者注



- [1] 欧洲历史上的关于三轮耕制及它的耕作方法, 在 L. White Jr. 的《中世纪工艺和社会变革》(*Medieval Technology and Social Change*, New York: Oxford University Press, 1966) 一书中, 尤其在第 2 章, 有详细记载。
- [2] 关于机械表的历史, 参看 A. P. Usher 的《机械发明史》(*A History of Mechanical Inventions*) 第 7 章。
- [3] 在 B. S. Hall 和 D. C. West 编辑的《人类的文明: 中世纪和文艺复兴时期起源和研究》(*Humana Civilitas: Sources and Studies Relating to the Middle Ages and the Renaissance*, Malibu: Undena Publications, 1976) 第一卷“关于前现代的技术和科学”(“On Pre-Modern Technology and Science”)记载了 Ceridi 讲述的关于阿基米德螺旋泵的故事。
- [4] 关于挖掘隧道方面的详细描述, 请参阅 Jeffrey K Stine 和 Howard Rosen 编辑的《在地下前进》(*Going Underground*, Kansas City, Mo: American Public Works Association, 1998), 它是关于隧道展览面召开的史密森博物馆研讨会的会刊《到下面去, 隧道的过去, 现在, 和未来》(“Down Under: Tunnels Past, Present, and Future”, *National Museum of American History*, Saturday, October 23, 1993)。
- [5] D. Lardner, 《关于蒸汽机的精彩演讲集》(*Popular Lectures on the Steam Engine*), 对蒸汽机的构造和运作进行了通俗易懂的阐述, 附有蒸汽机发明和改进的简史。
- [6] F. L. Holmes, 《朱斯迪斯·列比格》(“Justus von Liebig”), 《科学传记字典》vol. 8 (New York: Charles Scribner's Sons, 1937, 329~350)。
- [7] E. A. Ronnberg Jr., 《关于这幅画的几句话》(“A Few Words About This Picture”, *American Heritage of Invention and Technology*, Fall 1988, 14~20)。
- [8] W. Lord 的作品, 《记住这个夜晚》(*A Night to Remember*, New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976) 是关于泰坦尼克沉没的经典之作。我也发现



了这些像拼凑一样编辑而成的卷册,在泰坦尼克号沉没 33 天后出版,它对它所讲述的和没有涉及的都有很好的启发。M. Everett 编辑,《泰坦尼克的撞毁和沉没》(*Wreck and Sinking of the Titanic*, L. H. Walter, 1912)。



第10章 战争与其他杀人之道

人具有顽强的生命力。然而，人最终却随着年龄增长而细胞衰老，使我们大多数人饱受癌症、心脏病、肺炎等疾病的折磨，最终告别人世。但自然死亡几乎都是由疾病等不良因素对身体的长期侵蚀而造成的。要消灭人可不那么容易。^[1]

然而我们却在不断地研究如何以科技为手段，提高杀人效率。面对“人勿杀人”这条普遍的人性准则，心理上不能不感到压力。因此，这也就不单纯是一个复杂的科技问题，人们还需要想方设法找一些似乎正当的理由来为自己开脱。杀人的动机有很多——有所谓的为了社会利益的战争和极刑，有出于人道的安乐死，有为满足个人利益（一般指通过对别人犯罪），还有的是复仇、盛怒，或是自杀。我们不管是口头上还是在实际行动中，都曾经默许过某种抑或多种杀人术。

其实很少有科技的发明是以杀戮为目的的，但现实中有许多科学技术却被用于制造杀人的凶器，就像狩猎用的工具一次又一次的被精心改造成为用于犯罪或战争的凶器。1939年莉莎·梅特娜（Lisa Meitner）在她的论文中描述了核裂变所能释放的主要能量。她认为她的这一发现无疑将是和平时期的根本能量来源；在问及新飞机的用途时，莱特兄弟会毫不犹豫地回答：“体育！”尽管他们在制造飞机的过程中根本没有想到飞机会被用于战争，但



他们做的第一笔大交易确是把飞机卖给了美国军方。

在第二次世界大战末期，战争正日趋逼近，在原本安静的故乡明尼苏达州，对某一事件的反应使我最终了解了创造与杀戮之间的奇特联系。由于东京远在 9600 公里以外，日军和盟军之间的杀戮一直在太平洋上进行。

1945 年 1 月，我们领教了日军的一种秘密武器。他们用燃烧弹攻击美国本土，他们把燃烧弹装载在一些气球上，气球直径 10 米，是用最好的日本和纸做成的，这样的气球可载燃烧弹在北美大陆上空飘行。燃烧弹置于气球下方的水平圈内。此外，气球上还携带了一些小沙袋。白天，气球里的氢气遇热膨胀，气球便不断上升，上升到极限高度后，气球上安装的一个传感器就会做出反应，放掉气球中的一部分氢气。晚上气球体积缩小，气球就开始下降，这使气球上的另外一个传感器就会卸掉沙袋以提升气球的高度。这样重复 3 次，也就是 3 天以后，传感器会把气球上的一根保险丝烧断，从而放掉气球上的全部氢气。于是这些气球就飘落在美国本土上，着陆后不久便自动爆炸。

我们一开始以为这些燃烧弹是西海岸的敌军飞艇释放的，但不久我们就发现这些气球不仅体形大而且数量惊人，投放如此多气球燃烧弹需要大量的飞艇。于是美国地质勘探局就开始着手调查沙袋里沙子源于何处。沙子里含有明显地质特征的矿物质、季节性的珊瑚碎片和硅藻化石（硅藻是一种形成海藻的单细胞生物。这项调查表明，气球上的这些沙袋是在东京附近填装好的。

此外，在第二次世界大战期间，日本气象学家发现在海拔 1000 米以上的高空有一股高速的喷射气流。而我们当时却对此一无所知。原来这些燃烧弹是从日本远涉重洋，经过一段令人不可思议的长途高空旅行才来到美国本土的——人人都认为不可能的事竟然发生了。那些气球载着燃烧弹随着这股喷射气流在不到 3 天的时间里飘到了这儿。



然而，燃烧弹也没有构成多大伤害，一些落到了克拉玛斯瀑布（美国印第安人部落区）、俄勒冈和比格罗、堪萨斯附近；一些降落到了曼尼托巴、科罗拉多、得克萨斯和墨西哥的偏僻地区；还有一些飘到了衣阿华、北达科他甚至密歇根。而竟然一个也没掉到圣保罗境内，哦，上帝，14岁的我多想看到一个大气球呀！我可没想到死亡之类的危险，脑子里只有那些令人着迷的新科技。那时日本媒体正宣扬美国在熊熊烈火中已经陷入了一片恐慌。

据我所知，只有一个气球燃烧弹确实造成了伤亡。那个燃烧弹落在了瀑布山附近。当时5个上主日学校的孩子和负责学校的神父的妻子正在钓鱼，他们碰巧遇上这个燃烧弹爆炸，6个人无一幸免。而另一颗燃烧弹则缠在了华盛顿汉福特发电厂的电线上，从而引发了停电事故。因此，还致使化学元素铀的生产停滞了一段时间，而这些铀正要用于制造5个月后投向长崎的那颗原子弹。^{〔2〕}

原子弹和日本的气球燃烧弹一样，两者都很复杂，都是利用和平时期的技术制造的。寻找杀人的方法在很大程度上并不是发明家们的初衷。相反，真正寻求更有效的杀人术的人正是那些利用富有创造力的人们制造的犁来锻造各式各样的剑刃的人。

当然，在另外一些情况下，我们也必定需要重击才能摧毁生命。比如说一个躺在医院里生命幸免自然消亡而得以延续的人，或是一个注定了只能稍纵即逝的胚胎。在这些情况下，杀人不必依仗任何技术，此时真正要直而的是种种伦理道德。

但是当我们以一种工具为媒介——枪或是断头台——使生与死之间有一个衔接时，再而对种种伦理道德时就会显得束手无策了。在这一章里我们就将讨论一下这些使伦理道德变得犹如雾里看花模糊不清的工具是怎样把人们的注意力从生与死的范畴转移到更有趣的杀人术的研究上来的。



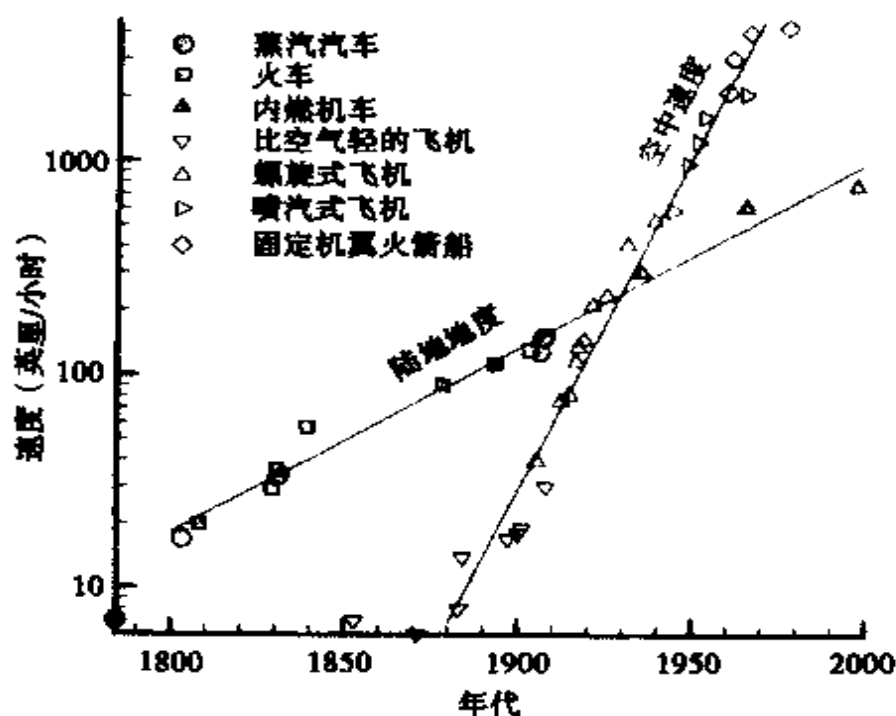
因此，不管这一章里的语气显得多么随意，我所要表述的思想依旧庄重严肃。工程师可能会在制造精妙绝伦的新杀人机器的难题上绞尽脑汁，而且这种技术难题的吸引力会持续好长一段时间，可是当我们的眼光超越了制图板的局限，看到因此而带来的死亡的时候，我们最好还是认真地思考一下我们究竟做的是什​​么。曾有人邀我参加研究如何投放燃烧弹、毒气弹甚至原子弹，也有人请我为一些香烟制造商提供咨询。每次一开始我都被这些问题的高难度所吸引，但经过反复思忖之后还是拒绝了。也许在一些情况下把人杀死是两害相权取其轻，不过这也正是为杀人所能找到的最好的道义上的借口罢了。因此，如果我们不能把其他人的生命（以及他们生活的质量）视为比一切都重要，我们也就不配再被称为人类。

有一个我们都参与杀人的场所，那就是战争，而且常识告诉我们战争将会推动发明创造——像飞机性能、船舶技术、机械制造在两次世界大战期间都取得了长足发展——而政府部门也会为许多新点子的出台推波助澜。人们几乎不需看任何论证，就会全盘接受这些说法。⁽³⁾

然而有许多技术都可以用来质疑这种说法，现在我就以飞机速度为题谈一谈我的看法。我们都很清楚给飞机提速在世界大战中有多么重要。但是在第二次世界大战中美国使用的 B-17 轰炸机、德国的梅塞希密特 109 战斗机和英国的“喷火”战斗机都是在战前研制出来的。其中由比赛用飞机改造而成的“喷火”战斗机和其他大部分第二次世界大战初期的战斗机一样，飞行速度只有每小时 560 公里。到 1945 年，美国的先进战斗机 P-38s 和 P-47s 的速度达到每小时 672 公里。早期的喷气式战斗机，比如说第二次世界大战德军使用的梅塞希密特 262 型战斗机，时速达每小时 936 公里。不过就连这种飞机，也是战前就已经出现在设计图纸上了。



有史以来，一个值得注意的现象是飞机的速度每9年就会翻一番。到轨道飞行器把机速问题彻底解决以前，从19世纪80年代最早的飞行器开始时就一直保持着这个增长率，而且根本不受战争、经济萧条或市政府首脑主张的影响。就算是在第一次世界大战期间，飞机的飞行速度也是以每9年增长1倍的速率稳步增长的。1914年，第一架侦察机的航速在每小时128公里左右。到第一次世界大战末期，1918年，较为先进的斯帕特战机的时速可以达到每小时214公里。换句话说，无论有没有战争，一旦致力于飞机的创造研究步入正常轨道，这种升级都能顺其自身的发展规律按部就班地进行。



自第一辆蒸汽汽车问世以来运输速度变化史。实线代表速度随时间变迁的纯理论性的变化。请注意数据并没有因战争或其他重要的历史事件而改变

但是，政府在战争中对技术高度重视的确能促进生产。实事求是地说，在第二次世界大战期间科技在生产上创造的奇迹的确



是令人眼花缭乱的。不过人类的创造力并不像生产一样，它是不受外界压力的影响的。^[4]人们都说实在的需要是发明创造之母，历史事实并没有证实这一点。真正推动发明的是一种强烈的、不可遏制的内在的发明需求。我们是为了发明而去发明，正是那些永不知足的心态和永无止境的追求才孕育了我们的发明。

人们把战争作为发挥创造力的媒介，而不把它视为一种目标，这在历史上已屡见不鲜。我所掌握的最好的例证之一，是历史的一段时期，从中世纪的鼎盛时期到1337年为止，欧洲已经连续两个多世纪致力于自由、文明的新技术——正如我们在第2章里谈到的一样。但是这时候欧洲人又把精力转移到了八次圣战上。起初圣战使圣徒再次朝拜耶路撒冷。同时东西方也开始了商品交换与思想交流。在圣战之初，不管是穆斯林还是欧洲人都保持着宗教上的宽容与开明。

但是圣战把双方都推向了愈演愈烈的自戕性的偏见与仇恨。一部分圣战在百年战争（始于1337年）期间继续。最后欧洲人还是被穆斯林赶出了圣地。自此以后，欧洲就被宗教压迫与内战所吞噬，未能释放的盛怒在她自己身上爆发了。一系列的天灾、粮食减产、饥荒、传染病使欧洲北部的人口减少了1/10，百年战争开始10年后的一场瘟疫最终又把欧洲的人口减少了一半多。

百年战争爆发前两年，一个名叫盖多·达·维杰瓦洛（Guido da Vigevano）的医生兼工程师向法国国王飞利浦六世毛遂自荐，希望飞利浦六世能够发动一场注定了不可避免的圣战。为了巩固自己在国王身边的地位，盖多为国王写了一本圣战指南，其中有9页谈及了国王在途中应该怎样照顾自己的健康，其余的14页都是一些关于军事装备技术的建议。

尽管历史学家卢佩特·霍尔（Rupert Hall）指出了盖多论述与所画的军事装备草图有一些自相矛盾之处，但是盖多的设计意图是明确的，而且他设计出的机械代表的是中世纪高涨的想象思维



尚存一息。盖多意识到在圣地很难找到木材，因此他建议把攻城用的装备（通常是在战斗所在地使用）分解为可预先准备好由马装载的零部件。此外他还对各零件的连接和装配阐述了许多自己的观点。在他的书中盖多还提到了可折叠的战船和浮桥，并设计出了两架可自动推进的战车。一架是以转动曲柄为驱动力的，而另一架的推进力则来自一台结构复杂的风车。他推崇的是新式的盔甲和攻城武器。^{〔5〕}

飞利浦国王自始至终没有去圣地，也没有人尝试制造盖多设计的奇妙的机器。盖多的书问世两年后，飞利浦国王就占领了现处于法国西南部的当时英国统辖下的一个公国，从而引发了百年战争。时至今日，我一看到盖多的不可思议的毕加索似的草图，由于缺乏透视效果即三维立体感，而只是一个个想法的综合，我就不禁纳闷放在眼前的到底是什么。盖多给我们留下的是一套为战胜幻想中的敌人而设计的幻想中的武器——像小孩一样的对战争的看法——而他身边的人们关注的是具有直接毁灭性效果的技术。

在战争的历史长河中，像盖多一样的人很多，安东尼·佛克尔（Anthony Fokker）算是其中的一个，他也许能称得上是第一次世界大战期间最伟大的军用飞机制造者。显然，佛克尔和盖多在同一条道路并驾齐驱，但不同于盖多的是，他制造出的凶器杀伤力极强。

第一次世界大战中首先出现在云层的飞机只有一个使命：侦察敌军的位置和行动。然而不久，飞行员就开始想方设法把对方飞行员消灭。最初飞行员之间的战斗是相互间用手枪和步枪进行射击。后来就演化成为后座上的观察员用可以转动的机关枪对攻。但是他们真正需要的是可以从后方把敌机击落的前射火力。

英国人首先把机枪架设在飞机的上翼上，这样机枪就可以避开螺旋桨而在螺旋桨上方向前射击。但是这样很难瞄准，而且如



果枪卡壳了，飞行员会由于够不到机枪而无能为力。于是法国人又想出一招，他们把金属偏导器装在螺旋桨上，这样飞行员就可以透过螺旋桨直接向前射击，只是偶尔会有一两颗子弹偏离正轨而已。这种设计取得了预期的效果，但是机轴由于受子弹的冲击而发生了变形时，情况就不一样了。

荷兰人安东尼·佛克尔也正是在这时候走上了舞台。早在第一次世界大战爆发的前一年，年近23岁的佛克尔就已从事飞机制造。德国政府找到他，并与他签订了一份制造10架飞机的合同，佛克尔立刻投入了工作。第一次世界大战爆发几个月后，佛克尔就一跃成为德国的风云人物。1915年，他设计制造的单人飞机爱德克尔便投入了前线的侦查工作。后来德军给他送去了一架缴获的法国战机，它的螺旋桨上安装了金属板。他能把这项技术用在爱德克尔单翼飞机上吗？佛克尔在他的自传中告诉了我们后来发生的事。

佛克尔仔细思考了透过螺旋桨进行射击的问题。他认为解决的方法是利用螺旋桨来带动子弹发射。螺旋桨每分钟转1200圈，机枪每分钟发射600发子弹。佛克尔考虑在螺旋桨的主轴上装一个凸轮，以使螺旋桨每转动两圈就让凸轮发射一颗子弹。这样子弹就不会击中螺旋桨了。佛克尔在见到德军给他的那架法国战机之后的第3天，就制造出了一架合乎要求的同步机关枪。

佛克尔的这套装置圆满地通过了实验检测，然而德国军方还要求在实战中展示飞机的性能。于是他们给佛克尔，一个荷兰百姓，从头到脚换上了一套德国军装，硬是把他推上了前线。佛克尔驾着他的爱德克尔出发后不久就发现在他下方有一架法国双人侦察机，他驾着战机鹰击而下，锁定了目标，然而就在这时，他突然意识到他正要结束另外两个人的生命！佛克尔顿时恶心难受，一枪未放就飞回了机场。他发誓，让德国人自己去杀人吧。对此德国军方也无计可施，他们另外派了一个名叫奥斯特沃尔



德·波尔克的飞行员在实践中去检验该飞机的性能。波尔克也因此一跃成为德国空军的一张的王牌。佛克尔继续为德军制造高性能的飞机，在第二次世界大战期间击落了无数协约国战机，夺去若干名飞行员的生命。^[6]

协约国把佛克尔制造的飞机称为“佛克尔灾难”。第二次世界大战结束后，美国使用佛克尔制造商业飞机。我父亲，一位新闻撰稿人，在第一次世界大战中曾是一名法国飞行员，他在美国见过佛克尔。后来他告诉我他发觉佛克尔真是一位十分开心的家伙。

第一次世界大战实际上就是一个展示创造与杀戮之间的微妙关系的实验场。芭芭拉·图克曼（Barbara Tuchman）把她的关于第一次世界大战的书命名为《八月的枪声》，因为战争在1914年8月爆发的前几天就已经定型了。^[7]德国人使用着一套19世纪的战略战术，并妄想在几个星期内就取得胜利。然而战争最终成了两条战壕之间长达4年之久的人类的磨难。从法国南锡西至巴黎近郊，北及英吉利海峡边的奥斯坦德，整整4年的杀戮。850万士兵中绝大多数丧生于这条560公里长的战壕中。

当时交战双方的将军们都试图还像拿破仑时代那样指挥作战。尽管有很多人提醒他们新杀伤武器的出现将使双方陷入僵局，但这些提醒总是被他们误解。拿破仑时代的毛瑟枪已经被英国的李-埃菲尔德等步枪所取代了，机关枪的制造也日趋成熟。这些武器的强大火力使得毫无隐蔽的进攻变成不可能。而部队一旦进入了壕沟，行动就受到了限制。

美国内战就真切的说明了哪怕是第一支上膛式步枪都可以在传统战争中所向披靡。如果欧洲的将军们没有接受美国在军事上的提议，那么1862年的杜配尔战役也许会引起他们更高的关注。当时6000名装备简陋的丹麦士兵筑了一条1公里长的战壕来抵挡18000名装备精良的普鲁士士兵的攻击。普鲁士的士兵们像进攻



一座普通泥筑炮台一样扑向了丹麦阵地。

在普鲁士的炮火下，丹麦阵地上的炮台并没有灰飞烟灭，在尘埃落定之后它仍是丹麦人防御的工事。最终虽然普鲁士还是彻底的击败了丹麦军队，然而那却是在两个月之后，并且是以太多普鲁士士兵的生命为代价的。只是可惜一切都结束之后，普鲁士非但没有认识到丹麦人挖的战壕是一项非凡的战略防御战术，反而简单的以为它只不过是一种常规的战术，只是使战争比预计的多耗了些时间罢了。

与此类似的预警暴风雨般接踵而至。1866年德-奥冲突中，方阵战斗队形被冲击得支离破碎，在1877年俄军与土耳其军队火拼时的情况亦是如此。当时泥土是炮台的防护。就在丹麦人在杜佩尔奋力抵御普鲁士人进攻后一年，在大西洋彼岸的美国北方联邦军正试图从南部联盟手中夺回萨姆特要塞。远程大炮把炮弹倾泻过来，把要塞炸得粉碎。但是在萨姆特被炸毁之后，南部联盟军就干脆躲进了碎石瓦砾中，任凭枪林弹雨也没能把他们逼出来。联邦军的一个不明智之举恰好给敌人提供了防御的屏障。^[8]

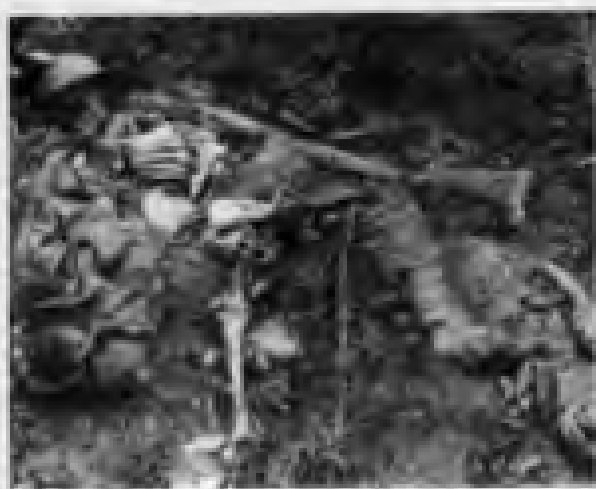
第一次世界大战的战场由此进入两条战壕对峙的僵持局面，一周松懈的战事，大约只有5000士兵丧生，而以往任何一次大规模的攻击都可能造成50万人的伤亡。战线很难向前推进，直到1918年这种僵局才被同盟军的新式武器给打破，那就是坦克，以及使用坦克的一套全新的战术思想。

法国在第一次世界大战中属于战胜国，但是22年后，即1940年，法国人就修筑了一条超长战壕，人称马其诺防线。这一次德国人的现代装甲战术很轻易地就找到了突破口，在短短的一周之内就占领了法国。这次胜利，意味着旧的杀人战术开始了新一轮的升级。

从那以后，第二次世界大战就逐步升级，死伤人数远远超过了第一次世界大战。第二次世界大战后期的1944年2月17日发



生了一场惊心动魄的大战，美军的舰载轰炸机在特鲁克环礁海域伏击了一支庞大的日本舰队。特鲁克群岛(Truk Islands)是一个环形的珊瑚礁群，直径约64千米，星罗棋布着11个小岛，这是一个位于太平洋的天然停泊港。而美军的轰炸机则把它当成一个风景绝伦的墓



战死士兵的骸骨躺在珊瑚之间

地，埋葬了60艘日本战舰和数千名日军海军。他们的骸骨就躺在珊瑚之间，长了羽毛似的水螅和白色的海绵与他们为伴。油箱、已逝者的头骨和完整的餐具散布海底，时常有许多好奇的小鱼和乌贼游窜其间，它们仿佛在这怪诞的浅海海景中找到了一片新奇的自然风景区。

这里还有一辆三人坦克，在海生植物的遮覆之下发出耀眼的绿光。里面有操纵杆，控制尾部的福基卡瓦-莫茹式机枪，枪上缠绕着橙色海绵和柔软珊瑚。下面是一个盒子形状的空间，空间很大，布满了绿橙相间的、随时可能爆炸的水雷，倒是海底蓝色的小鱼显得无所畏惧，在这些水雷之间穿梭往来。

长期以来，在对待特鲁克海底的这些历史遗留物的问题上，无论在实际操作中还是有关触及伦理道德中，都遇到了不少麻烦。我把这里称作墓地并没有隐喻什么。战后，日本曾派出潜水员打捞所有能找到的东西。然而长眠海底的皑皑白骨被水冲散，让潜水员们也鞭长莫及。

特鲁克政府也在设法保护着这支沉入海底的舰队不受偷窃者的覬覦，然而其实海下的这些亡灵们也在担负着护卫的责任。在第二次世界大战末期，日军军火匮乏，于是派人潜入海底寻找爆



炸品物资，希望能找到还有效用的军械化学材料。旧的军火本来危险性就很大，而这些废船上的炸弹和水雷有很多性能极不稳定，它们甚至会自行引爆。别说搬走这批军火，哪怕只是轻轻地晃动这些严重老化的杀人凶器都可能引起爆炸。

海洋地理学家西尔维亚·厄尔（Sylvia Earle）曾勘查过这片海域，并且找到了解决问题的办法。她认为海水最终会使这些弹药报废，我们只能静待这个漫长的过程。油箱会逐渐被腐蚀，然后放出里面的物质。这些军火最终会被排放到附近的海域。尽管海里的生物会渐渐的把特鲁克群岛上遭到战争破坏的痕迹织入周围的珊瑚，但在很长一段时间内，那些色彩斑斓迷人的海鱼会引领着潜水员们把目光投入到这片第二次世界大战的遗迹上。^[9]那次惨绝人寰的冲突给人带来的震撼是任何历史记载都无法比拟的。历史不会消亡，教育人们去不断完善。只要第二次世界大战的阴影还没被人们所淡忘，第三次世界大战就绝不会鸣响。

海战又让我想起我在本章开头时所说的：战争不能促进发明，但它能推动生产。自由号船的经历就能最清楚地说明这一点。美国在1922年和1937年之间只制造了两艘货船。在第二次世界大战期间她的商业船只的制造几乎停滞了，然而轴心国的鱼雷仍在不停地把协约国的船只打下海底。当时英国船只特别紧缺，而更糟的是，协约国的船厂却正为了制造战舰而忙得不可开交，因此只有另谋他法，从零开始制造货船。

1940年，英国在被逼无奈的情况下不得不求助于以美国人亨利·凯瑟为首的多家重型建筑公司，当时亨利的公司什么船都没造过。按照计划，英国人要求亨利·凯瑟制造一种普通的货船，那种货船结构简单，与在第一次世界大战期间使用的货船相类似。当时凯瑟既没有工人，也没有造船用的船坞，但他成功地化劣势为优势。培训出一个全面的造船工人不是需要好几年的时间吗？凯瑟于是把造船的工序重新作了安排，这样就不需要面面俱



到的船工了。他化整为零，把制船工序逐一分解，这样一来每个工人就只需要懂得某一个专业的知识和技术就可以了。他不是还需要大型的轧钢机械吗？这也没有关系：简简单单的电焊切割术就可以解决问题了。有一次凯瑟竟雇佣芭蕾舞演员来干将绳索在钢体结构上拉紧的工作，这样比起训练新手来就节省了不少时间。

凯瑟改变了船只的制造流程以充分利用所有的资源。他首先采用了装配流水线技术——即把大规模的可替换的各部分工作按一定的顺序排列组合起来。他的产品——自由号，有 134 米长，载重量达 9000 吨。其中一艘在珍珠港事件发生几天后就投入了使用。1942 年一年中，开始时造出一艘船需要近 1 个月的时间，接着仅用 10 天就有一艘船出厂，到最后，一艘船从开始动工到竣工下海，只需要 4 天时间。在这样的情况下，由于他的公司每时每刻都在大量吞噬钢材，凯瑟不得不开办自己的钢厂。

然而这些令人兴奋的足以让人像小孩子一般欢呼雀跃的成绩并没能压倒战争带来的阴影。1942 年美国制造的船只总载重量可以达到 1100 万吨，但同时被敌军潜艇击沉的船只总载重量为 1200 万吨。于是在 1943 年美国把船只生产标准提高到了总载重量能达到 2000 万吨，而最后美国胜利了。可以说是自由号拯救了美国。^[10]

凯瑟的天赋充分表现在他竟然从一个外行人的角度清晰地认识了船只制造的真谛，并把这一认识带入了 20 世纪的船只制造业。他所取得的成就完全来源于战时的一个迫切的和广泛的需求，而这种需求随着战争的结束也不复存在了。那些船只本身并不是创造性的展示，它们只不过是一些过了时的技术罢了。但是凯瑟能在短短的 4 天之内从无到有地把船只投入使用，这无疑是造船史上的一个奇迹。

说到战争推动发明，我们不可避免地会谈到一项特殊的发明



创造——雷达。其实雷达的概念与无线电是同时代的产物。无线电方面的先驱马可尼（Marconi）和特斯拉都指出我们可以利用金属物体反射出的无线电信号来确定它们的位置，早在1904年，一位名叫荷尔斯梅尔（Hülsmeier）的德国工程师就取得了一项能在海上为船只定位的无线电回应装置的专利。

20世纪30年代所有强国都致力于采用无线电波技术发展有效的海空监控系统。顺便提一下，雷达（radar）是4个英语单词的首字母缩略字，即“无线电探测与定位”（radio detection and ranging），由美国海军在1942年首先使用。1936年美国军方和为海军工作的工程师们发现，如果有足够长的波长的话，他们就可以发现在160公里以外活动的飞机。1940年，他们着手建立流动雷达探测装置。其中的第一个探测设备在巴拿马进行了实地实验，接着在1941年，又有另外5个在夏威夷进行。

1941年12月6日晚，美军把一个流动探测站设在了瓦胡岛（Oahu）北部的山顶。次日早上7点，两个值勤的列兵在那儿等着卡车来接他们去吃早餐，这时二等兵约瑟夫·罗卡德（Joseph Lockard）正在训练二等兵乔治·艾略特（George Elliot）。卡车迟到了，于是罗卡德就打算着多给艾略特一些探测站上的训练。7点零2分，艾略特发现在他们正北方向217公里处有一个很强烈的发射信号。

他们在跟踪了这个信号18分钟后，罗卡德就给信息中心报告了情况，然而当时值班的中尉以一句“没什么大不了的”就回复了他。但是罗卡德和艾略特没有放弃，仍继续跟踪这个信号，直到7点39分，此时引起这个信号的183架日军俯冲式轰炸机和战斗机离目标只有32公里远了。然后，来接他们吃早餐的车到了，他们于是收起设备离开了岗位。16分钟后，日军飞机就开始轰炸珍珠港。^[11]

正是因为没有注意到这个信号，我们不仅损失了3000人，



还丧失了数十艘大型舰艇和停靠在瓦胡岛上的 80% 的飞机，然而这并不能轻描淡写地把它归咎为目光短浅。雷达是一项新发明，发明一开始时总是陌生的，要不然就称不上是发明了。我们必须认识新技术——逐渐地明白它的功能作用，除非一项发明问世时人们对它的出现已经做好了充分的准备，发明必须要一段时间显示自身的优势。一项足以引起世界性变革的大发明在初露头角时通常并不为人们所重视和承认。像电灯泡、蒸汽船、电报远在爱迪生、富尔顿和莫尔斯登上历史舞台向我们充分展示了这些发明的潜力之前就都早已问世了。

而当美国人看着日本飞机从头顶掠过，然而又不敢相信自己的眼睛时，第二次世界大战的战火已经燃到了美国。在人们对雷达这一新技术引起足够的重视之前珍珠港只能葬身于熊熊烈焰之中。

关于战争引发的大规模的杀戮就到此为止吧。接下来让我们探讨一下死刑所导致的一个个具体的人的死亡。首先我们从断头台开始，砍头的历史一开始就被打上了一层阶级烙印。在古希腊，瑟诺芬把砍头单列为对贵族的惩罚方式。而在普通罪犯惨遭蹂躏的罗马，斩首也被当做贵族的死刑方式。他们称之为 *capitis amputatio*。

斩首之刑由威廉大帝带到了英国，然而在这里也只有贵族——像珍妮·格雷夫人和安妮·伯雷恩一类的人才有权被处以斩首。当时的英国，一个下层罪犯如果被判处了斩首，那么他在此之前肯定饱尝了令人难以启齿的折磨。虽然斩首之刑很少有，但却要设计一套执行砍头的工具，这是因为刽子手经常都会砍偏。受刑者最后都要付给行刑人一枚金币，希望能得个一刀干净利落。慢慢的，一部分早期的断头台被付诸了实践。16 世纪苏格兰的断头台有一个暧昧的名字“少女”，而在英国一些人则丧命于“哈利法克斯斩首架”上。



直到以人人平等为旗号的法国革命才把斩首之刑推广成了平民刑法。约瑟夫·圭罗汀（Joseph Guillotin），一位医生，在法国革命初期是立宪议会的一员。在他的倡议下，1789年法国颁布了一道法令，即取消斩首刑作为贵族刑法的特权，并且应该在行刑过程中尽量减少受刑人的痛苦。

断头台造出来以后，首先在死人身上进行了大量的实验，随后在1792年，开始使用于普通罪犯。当然，断头台的问世为处决反叛者提供了不少方便，而“恐怖之治”的大屠杀也就接踵而来。^[12]

美国冒险家、发明家拉姆佛德伯爵（Count Rumford，见第3章）为圭罗汀的发明添加了一则有趣的脚注。著名化学家拉瓦锡就是无数丧命于断头台下的亡灵中的一个，而在此几年以前，他的妻子——后来嫁给了拉姆佛德伯爵——写道：“通过这两架声名显赫的断头台，我开始了解圭罗汀先生，他是位医生，是位和善、温文尔雅，富有仁慈之心的男人。”

这样说好像有些残忍，但也一语中的。那就是我们科技工作者在为制造死亡殒精竭虑时，的确应该三思而行。在一切都已成为事实之后，不管圭罗汀先生本人多么彬彬有礼，他制造的断头台，可以说，并无异于中子弹的发展造成的危害。

最后让我们以现代社会的极刑刑具电椅来结尾吧。电椅的由来可以追溯到1875年，当时发明家尼古拉·特斯拉还在奥地利工艺学院读书，特斯拉想当然地认为如果使用交流电的话，电动机会运转得更好，而他的导师则认为制造一台交流电动机是完全不可能的事，他无论如何也想不通为什么这么聪明的学生竟会有如此荒谬的想法。6年后的一天傍晚，特斯拉黄昏时分散步于布达佩斯的一个公园，一边背诵歌德的《浮士德》。诗中的主人公浮士德年迈力衰，由于没能领悟自然的奥秘，他想到了日落和人生的终结：



余辉渐隐，结束了一天辛劳，
看那边，一片新兴景象。
哎，只可惜我没有翅膀能冲出泥沼，
只能沿着这条老道不停滑溜。

特斯拉眼前一亮：浮士德也许糊涂了，他却没有。他顿时想到了应该怎样在电动机和发电机里安装两块磁极板，用于制造使用交流电。

3年后特斯拉来到美国为爱迪生工作，他尽量引起爱迪生对交流电的兴趣。但得到的回答是那太没美国特色了。于是特斯拉和爱迪生不久就分道扬镳了。特斯拉成功地在金融家约翰·P·摩根（J. P. Morgan）那里得到了资助，1887年他发布了一系列交流电的专利。很快他又说服了乔治·威斯汀豪斯（George Westinghouse）在交流电力系统的发展上进行投资。

这引起了爱迪生近乎疯狂的反应。他不择时机地对威斯汀豪斯和特斯拉的名誉进行攻击和诋毁。他的观点是交流电太危险了，为此他还特意邀请了许多记者观看了一次演示，他先把野猫和野狗带到一块金属薄板上，然后在板上接上1000伏的交流电之后，一切生命都结束了。

接着爱迪生又取得了使用交流电的批准。他经常秘密地访问辛辛监狱，后来人们才知道原来他制造出了电椅。现在美国人就能看到把交流电通到人的身上是什么后果了。在第一个丧命于电椅的小伙子威廉·科姆勒以前，爱迪生的助手们就已经开始尝试用电椅杀死比猫、狗更大一些的动物。他们猜不出电椅的真正用途，问爱迪生：“这是您夫人用来烹调的吗？”

可怜的科姆勒第一次坐上电椅被施以威斯汀豪斯之刑（爱迪生的助手们这样称呼）时，电压低了点，因此已经半死的科姆勒只得在离开这个人世之前再尝一次电刑的滋味，然而这些正合爱迪生的本意，对他来说，科姆勒死得痛不痛快都无关紧要。^[13]



最终，交流电的用途愈来愈广泛，而爱迪生在 20 年之后才不得不承认他当年的失误。与此同时，电椅也因此沿袭了下来。我总在想这也许能让我们透过死刑产生的原因，瞥见人类复杂的心灵深处的阴暗角落。毫无疑问，人类的创造力总在不时地导致人类的死亡。但我相信这样说更确切：当这类事情发生时，它给人带来的肯定不是这种创造力的有益的一面，而只是敲开了滥用误用的大门。

-
- [1]关于死亡的意义和产生的论述，请参见 S. Nuland,《我们怎样死去：论生命的最后章节》(*How We Die: Reflections on Life's Final Chapter*, New York: Alfred A. Knopf, 1994)
- [2]关于日本的气球燃烧炸弹及其在第二次世界大战中的应用，详情请见 J. McPhee, "Balloons of War", (*The New Yorker*, Jan. 29, 1996, 52~60)。
- [3]Martin van Creveld 不同意战争推动科技的说法，相反，他曾详细论述战争的形势和规模很大程度上取决于科技的水平。见 M. van Creveld,《科技与战争：公元前 2000 年至今》(*Technology and War: From 2000 BC to the Present*, New York: The Free Press, 1989)。
- [4]大量数据表明科技的创造性发展不受外界影响，参见 J. H. Lienhard,《关于科学进步与水平的一些观点》("Some Ideas about Growth and Quality in Technology,");《科技预测与社会变迁》(*Technological Forecasting and Social Change*, 1985, 265~281)。
- [5]B. S. Hall 和 D. C. West 等编辑的《人类文明：有关中世纪和文艺复兴的材料与学习 (I)》(*Humana Civilitas: Sources and Studies Relating to the Middle Ages and the Renaissance*)，发表于《论前现代技术与科学》(*Pre-Modern Technology and Science*, Mabilu: Undena Publications, 1976)。
- [6]A. H. G. Fokker 和 B. Gould,《会飞的荷兰人：安东尼·佛克尔的一生》(*Flying Dutchman: The Life of Anthony Fokker*, New York: Arno Press,



1972)。

- [7] B. W. Tuchman, 《八月的枪声》(*The Guns of August*, New York: Macmillan, 1962)。
- [8] W. B. Robinson, 《美国要塞: 建筑结构与功能》(*American Forts: Architectural Form and Function*, Urbana: University of Illinois Press, 1977)。
- [9] S. A. Earle, 《在土鲁克湾从死亡中涌出的生命》("Life Springs from Death in Truk Lagoon", *The National Geographic Magazine*, 1976. 5, 578~611)。
- [10] J. R. Chile, 《突破希特勒封锁的船只》("The Ships That Broke Hitler's Blockade", *American Heritage of Invention and Technology*, 1988. 3. 3: 26~32, 41)。
- [11] R. Wohlstetter, 《珍珠港: 警报与决定》(*Pearl Harbor: Warning and Decision*, Stanford, Calif. Stanford University Press, 1962); R. H. Worth, Jr., 《珍珠港》(*Pearl Harbor*, Jefferson, N. C.: McFarland & Company, Inc., 1943)第三部: "雷达: 错失良机" ("Radar: The Great Missed Opportunity")。
- [12] A. Kershaw, 《断头台的历史》(*A History of the Guillotine*, New York: Barnes & Noble, Inc., 1993)。
- [13] M. Cheney, 《特斯拉: 落伍的人》(*Tesla: Man Out of the Time*, New York: Dell, 1981), 尤其是第5章; J. J. O'Neill, 《天才: 尼古拉·特斯拉的一生》(*Prodigal Genius: The Life of Nikola Tesla*, New York: David McKay Co., 1944)。



第 11 章 科技发展的里程碑

到 20 世纪末，我们已经发明创造出了无数的新事物，取得了辉煌的成就。无论是近千年来的 20 项顶尖科技突破，还是 20 世纪出现的 50 位最重要的人物，都无一不向我们证实着这一点。而我则不完全认同所列举的这些发明。一方面，这些发明只是让我们看到其所作的贡献；另一方面，我们在第 4 章已经提到，还有相当多的科学成就，不为我们所察觉。在第 14 章我们还会说到这一点。当然，把我们人类丰富的创造一一列举出来，这是不可能的。同样，要确定有史以来最有影响的机器也只能是白费功夫。

不过，有些发明创造确实可以称做是科技发展的里程碑。我从广播栏目《独出心裁的机器装置》第一年的目录中选出一些作为我们的开始，因为这些发明都对后来的科学创造产生了深远的影响，不能不首先谈到。有些发明其作用是显而易见的，而有些发明的作用则不是那么明显。不过，我们将其都称做是里程碑，因为它们在随后一些重要发明的发展过程中都起到了举足轻重的作用。

当然，我们只能从一个发明开始说起，那就从机器的祖先，也就是人们称做第一架机械装置的车轮开始吧。我们所处的科技时代，轮子无所不在，无时不有，因此我们很难理解车轮本身所



蕴含的概念性的突破。

车轮极有可能是 5500 年前在今天的两伊（伊朗和伊拉克）边境最早出现的。在人类历史上，车轮出现得如此之晚，不能不说令人惊奇。更让人吃惊的是，在很长的一段时期内，车轮的应用仅局限在亚洲和欧洲。而在美洲，直到 16 世纪欧洲殖民者移居过来后，车轮才得以广泛地应用。而在此之前，几乎没人知道车轮的存在。有考古证据表明居住在墨西哥地区的居民在 11 世纪时，仅仅有了轮子的概念，可我们还没有证据表明他们已经开始使用车轮。

不错，在你我生活的世界里有成百上千种不同的轮子。这种现象的存在使我们很难想象产生轮子这样一个概念曾经是那么不容易。如果从一个极本就没有见过轮子的人的角度来看，你就能体会到那是何等之艰难。我们大家可以想象一个物体作直线运动，也可以想象一个物体作圆周运动。但我们会想到一个物体同时作两种运动吗？我们能想到一个物体靠其他东西的转动来往前运动吗？我们小时候玩过这样一个游戏：用一只手轻拍自己的头，同时用另一只手轻揉自己的肚子。这是很难做到的，因为我们很难在我们头脑中同时把这两个不同的动作变成概念。

在讨论车轮时，你考虑一下这一问题：车轮该怎么转？很显然，答案是车轮绕着车轴转。那是坐在车上的人的回答，但我们的发明者是站在静止不动的地面上的。在他们看来，车轮根本不是在绕着车轴转，而是在绕着车轮接触地面的那一点在转动。从这一点看来，运动的车轮在瞬间是静止的，而车轴则以车子的速度在运动，车轮的顶部以两倍于车子的速度在运动。

接下来，让我们把目光转到另一个类似的装置手摇曲柄上。这样一来，我们就更能体会产生轮子这一概念的难度。像我们看待轮子一样，我们认为曲柄是一件很普通、很平常的装置，仿佛在我们人类历史的一开始就存在。其实不然，我们使用手摇曲柄



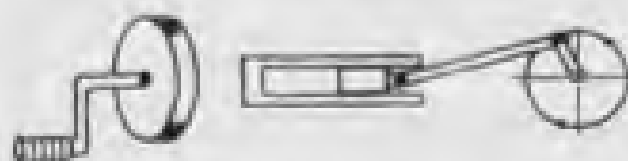
仅有1000年的历史。古希腊人没用过，古埃及人没用过，自吹高科技很发达的古罗马人也从没用过看起来如此简单的工具。⁽¹⁾

手摇曲柄把我们手臂应做的往返运动转变成了圆周运动，并且使这种运动固定于一点。从某种意义上来说，这等于要求我们解决一边拍头一边揉肚子的问题。直到公元9世纪，手摇曲柄才在西欧出现，并且经过了很长的时间后才被广泛应用。⁽²⁾



本书作者首次面对车轮时的困惑

历史学家戈登·蔡尔德（V. Gordon Childe）提出了宝贵的意见，从而改变了我们对轮子的看法，他认为我们不应只看轮子本身而且还要看它所作的圆周运动。我们胳膊的构造只允许我们的手腕转一圈，即 360° ，这也是老式的手钻为何要用



左边：比较简易的曲柄（出现于850年）

右边：滑动曲柄装置（18世纪）

手反复转动才能持续工作的原因。石器时代后期，工匠运用各种枢轴装置改善了这种情况。有一种原始的纺锤要靠操作者用拇指和食指不断地搓使其转动纺羊毛或亚麻；早期的门也是靠两头固定于凹槽中的豎立的门柱的转动来开关的。

后来，出现了一个技术上的飞跃，那就是用绳索拉动钻头或



起火器以使它们来回转动。但这些装置都有一个局限：绳子拉到头时还必须解开重新再来。如何得到持续的转动，这就是要解决的问题。几乎在同时，两种原始的体现技术成就的车轮和陶工的转盘制造技术应运而生。

陶工的转盘是水平放置的，上面放着陶料，以每分钟至少100转的速度转动。蔡尔德在公元前3300年的底格里斯河和幼发拉底河流域发现了陶工的转盘。早期的车轮图画是公元前3500年左右在该地区发现的。这两个时间很接近，但由于发现的实物非常稀少，我们已经不能确切地查证它们出现的确切时间了。但就我们掌握的资料来看，车轮和持续的转动都是5500年前出现在肥沃月牙带（Fertile Crescent）。^①另外一个发明，有铰链的圆规，可以说是轮子的近亲。同样，圆规的历史也可以上溯到这一时间和这一地区。

从早期的车轮也可以看出人们在认识上的不断进步。初期的车轮是把圆木切成轮状的实心轮，再用一根木轴把两个轮连接起来。这种设计不仅笨拙而且不美观。看起来那笨拙的木轴好像是在阻止车轮的转动。

直到公元前2000年，才出现了带辐条的车轮。辐条轮的出现又带来了一个非直觉的微妙变化，车轮的设计者认识到，要是车子的重量只压在最上边的轮辐上，就能造出较为轻便的车轮。像自行车的辐条一样，车轮的细长的轮辐只有上下方的那些在特定的时刻才承受重量，其余的轮辐在此刻则根本不受力。

关于转动的其他问题也应得到解决。车轮最好是围绕固定的轴自由转动。但如果把车轮装在可以转动的轴上，车轮就不会绕着同一地点以不同的速度转动了。我们知道绕一个转动的轴的旋

^① Fertile Crescent，中东的一片弧形地带，横跨叙利亚沙漠北部，从埃及尼罗河山谷地区一直延伸到底格里斯河和幼发拉底河。是大规模人口迁移和战争的历史遗址。——译者注



转可以得到一条曲线这一事实只有 2000 年的历史。因此，问题不在轮子本身，而是一直令我们伤透脑筋的旋转运动。古苏美尔人^①已经认识到了这个问题。从那以后，人类就在不停地探索解决这一问题的途径。（但愿那个人就是我。）

某些伟大的发明创造常会在不同的地区、不同的时期多次重复出现，而车轮的发明则不然。人类学家有充分的证据证明车轮的构想源于某一地区，然后传到了其他地区和其他文化当中（其间发生了变化或产生了新的形式）。车轮，作为独立个体智慧的结晶，解决了怎样得到持续旋转的问题。

旋转运动的解决带来了科技史上的另一个里程碑——风车。风车是根据风的神秘特性把很多结构复杂的轮子通过运动学原理组合起来的装置（见第 2 章）。风车反复出现在塞万提斯小说《唐·吉珂德》中，这一点也不足为怪。唐·吉珂德生活于 14 世纪或 15 世纪产生骑士的初始时代，而他的塑造者塞万提斯则生活在 16 世纪后期。小说一开始，唐吉珂德就叫道：“你看那儿，桑乔·潘朋友，这里有三十多个放肆的巨人。我想同他们战斗，要他们所有人的性命。”

实际上，唐·吉珂德看到的是点缀在西班牙土地上的风车。唐·吉珂德之前 200 年，也就是在塞万提斯之前的 400 年，风车已经在欧洲广泛使用了。虽然那时候水车已经用了几百年了，但新型的风车要复杂一些。当然，有时候由于风小，新型风车无法转动，可一般情况下，新型风车产生的动力比水车大，而且还能为没有河流的地区——像荷兰的低洼地带和西班牙平原等——提供碾压谷物的动力。

到 1760 年，风车技术的发展已经达到了令人吃惊的水平。风车里装上了变速的自动控制装置，而且在一定的风速下可以靠

^① 古苏美尔人：古代幼发拉底河下游地区的居民。——译者注



调节风车扇面的倾斜度使其产生最大的动力，同时，扇面还能调节保持迎着风向。风车用来拉动石磨时，就会装上控制石磨压力的装置。瓦特也是在 18 世纪 60 年代开始研制一种性能更好的蒸汽机的。到 18 世纪末，由于蒸汽机的出现，风车逐渐被淘汰了。因此，我们可以说，瓦特才是真正摧毁风车的唐·吉珂德。^[3]

当然，风车并没有在我们的世界完全消失。如今在一些没有电供应的地方，风车仍然还是作为一种动力源满足一些特殊的需要，尤其是为大草原上牲口的饮水槽注水。到了 19 世纪，风车成了为火车蒸汽机锅炉加水的惟一设施。在美国西部开发的过程中风车也起了很大的作用。为了用风车发电，现代工程师对风车作了令人眼花缭乱的改进。目前螺旋桨式风车的效率是 18 世纪最先进的风车的 3—4 倍，产生的动力则是当时的 40 倍。



古老的风车

风车的核心部分是能持续旋转的极其复杂的装置——螺旋桨。螺旋桨看似一个轮子，必须做成一定的形状，才能充分利用风力资源。200 年前可变螺矩的风车翼板就是后来飞机设计师直到 1930 年才发现并应用于飞机上的螺旋桨。

这时我们又迎来了另一个重要的里程碑——飞机。我们在第 8 章专门谈到了飞机，其中包括在任何一本书里都会称做里程碑的莱特兄弟的飞行器。但有一种飞机本身就是一个里程碑，应当引起我们特别的重视。这就是我们在第 9 章提到的道格拉斯 DC-3 型飞机。

我现在已经老了，但早些时候我曾乘坐一架喷气式飞机远行。我当时注意到了在一个小型的航空公司有好几架尚在服役的



DC-3 型飞机。回忆起年幼时看过的一部电影，我情不自禁地意识到了这个装置的重要性。那是原版电影《消失的地平线》。如果你看过这部电影，你也会记得那神秘的一幕：一架飞机坠落在喜马拉雅山的山顶，驾驶员从飞机中跌跌撞撞地爬了出来。几个心惊胆战的和尚把他送到了神秘的香格里拉城。我永远忘不了那一幕。那是 1937 年，飞机是 DC-2 型，为三代道格拉斯新型飞机中的第二代。20 世纪 30 年代中期这种飞机在很大程度上改善了空运条件。直到今天我们还在使用这种飞机。

道格拉斯 DC-3 型飞机的故事与 1931 年一位伟大的橄榄球教练努特·罗克尼 (Knut Rockne) 的去世有一定的联系，因为他乘坐的福克尔三引擎飞机不幸坠机。这一悲剧引起了人们对美国航空安全质量的不满。当时主要有两种飞机机型遭到了强烈抗议：一种是福克尔三引擎飞机，它的一部分由胶合板构成；另一种是大大改进了的福特三引擎飞机，它全部由金属构成，并且外壳设计成了波浪状，还有很好的着陆装置。这两种飞机都能承载大约 10 名乘客，这在当时是很了不起的。

环球航空公司 (TWA，当时称为西方航空公司) 回应了人们的不满抗议。^[4]公司同道格拉斯公司签订了一项合同，准备制造一种只需一个引擎就能负重以前两个引擎才能负重起飞的飞机，同时要求性能上要优于加州圣莫尼卡的福特公司生产的三引擎机。道格拉斯公司于 1933 年造出了 DC-1 型试验型飞机，接着他们又生产了能承载 14 人的 DC-2 型飞机，并于 1934 年在环球航空公司投入运营。

DC-2 型飞机非常成功，但美国航空公司显然需要能承载更多乘客的飞机。于是他们又同道格拉斯公司签订了一项合同，让公司的总工程师比尔·利特伍德 (Bill Littlewood) 设计了一种新型的不同寻常的飞机模型。这是该模型的第三次、也是最后一次改进。改进的结果就是能承载 21 人的 DC-3 型飞机，该机于



1936年投入运营。到1941年，80%的美国商用飞机都是DC-3型，到了1948年，它仍然是应用最广泛的飞机。

DC-3型是一种低翅单翼式飞机，装有可变形的螺旋桨和可收缩的着陆装置，并配置了双引擎发动机。其特点是安全可靠，容易驾驶。外壳设计用铝代替了原



1936年DC-3型飞机问世

来的纤维，使外壳和机体融为一体。DC-3型飞机使飞机设计从20世纪20年代一步跨入到40年代。

这些优点并非DC-3飞机所独有，但它们在DC-3机型上实现了完美的组合。1934年，一系列被称为“飞船，水上飞机”的新机型开始问世了，它们都具有DC-3型飞机的特点，只是水上飞机比DC-3型要大一些，飞得远一些。我们不能确定它们是沿用了道格拉斯的设计还是独自设计出来的。但我们知道，当远程飞机都采用了DC-3型后，这些水上飞机被淘汰了。

1934年被称做美国飞机制造史上神奇的一年。这一年突然间涌现了关于飞机的奇思妙想。两年后，DC-3型飞机的问世就是所有这些奇思妙想的综合体现。在飞机制造史上，这是一座具有深远意义的里程碑。DC-3型飞机才是真正能送我们去香格里拉城的飞机。

飞天是人类本能的渴望，人类另一个本能的渴望是保存图像，也就是把我们所看到的東西保存下来，这一渴望和我们飞天的梦想一样古老。虽然艺术可以做到这一点，但是却要耗费人们大量的心血，更何况我们在画布上画、在纸上描、在墙上刻的那一瞬，图像已经改变了原来的样子。我们能不能找到一种可以将我们所看到的東西直接保存下来的方法呢？就像我们当初为了能飞天一样，我们努力摸索了很长的时间。在掌握了如何用气球飞



翔的技术之后不到几年，我们就找到了可以保存图像的方法。

在我们看来，照相机的发明经历了漫长的时间，但发明能放入相机里的底片则花费了人们更长的时间。照相机暗箱的名字来自于一拉丁单词 camera，意思是“一间拱形的大房间”。从 camera 一词我们又得到了单词“卧室”（chamber）。因此，同志（comrade）一词严格地说，是指和我们呆在同一房间的人。照相机暗箱是指只有一个光源的黑暗的房间，光源就是在一面墙上所开的一个小孔。小孔可以准确地投射出外面的东西，不过图像是倒立的。如果没有底片，我们就不能把这东西真正地拍下来。不过，我们可以用铅笔把图像描下来。亚里士多德很熟悉这种做法，中世纪的作家们也经常谈到这一点。

年轻的时候，我看的是胶片电影，电影很慢而且图像很大。运用照相机暗箱的原理我们造出了所谓小孔相机的装置：在小盒的一侧开一个小孔，把底片放在正对小孔的一侧，随后再把整个盒子密封好。用盒子对准一个东西，然后突然打开小孔，这样，我们就可以得到一张还算得上是照片的图像。

直到 19 世纪才有人把底片装在相机的暗箱中，不过，早在 16 世纪照相机就已经安装上了透镜。天文学家约翰尼斯·开普勒（Johannes Kepler）杜撰了 camera obscura 这一新词，他在 1600 年用一套非常复杂的透镜系统观测太阳。到了 17 世纪，照相机暗箱成了艺术家们的得力助手，使当时的画家在取景方面取得了长足的进步。

因为人们想要保存图像这一古老而又强烈的愿望，摄影没费什么力气便被人们普遍接受了。照相机发展了 200 年后，只等人发明一种能自动拍照的装置了。这一等就等到了 18 世纪化学工业得以发展的时候。

伟大的实业家约西亚·韦奇伍德（Josiah Wedgwood）的儿子托马斯·韦奇伍德（Thomas Wedgwood），是第一个在一片硝酸银



底片上拍下图像的人。但他得到的图像只是短暂的一瞬间的东西，并没能保留住那个图像。尔后，两位法国实验家约瑟夫·聂普斯（Joseph Niepce）和路易·达盖尔（Louis Daguerre）在19世纪早期终于找到了可以永久保存图像的方法。雕刻师聂普斯是第一个成功的。他把沥青抹在一个锡基合金的底版上，经过长时间的光照，沥青就能被水溶解了。他通过让底版在相机里曝光后再把沥青洗掉的方法，使锡基合金底版上留下的被蚀刻的部分即是图像。1826年他所用材料的曝光时间为8小时。就这样，一张图像花费了他10年的时间做实验，最终，他成为2000年来第一个能为相机提供底片的人。

达盖尔是剧院布景的设计者，他在工作中大量运用了照相暗箱原理。他也想找到一种能把图像保存下来的方法。其间有好几年的时间，他和聂普斯两人像两只机警的公猫一样互相耻笑。到1829年，他们终于认识到两人智慧胜过一人，于是他们开始合作。聂普斯去世3年后，达盖尔最终用碘化银代替了沥青，这就是达盖尔银版照相制版法。这一方法最早于19世纪30年代后期开始使用，达盖尔把曝光时间从聂普斯的8小时减少到了15分钟，同时照出的相片也很漂亮。

我们看一看早期的相片，就会发现相片上人的面部流露出艰辛生活的痕迹。虽然是人物照片，但那样子是刻意摆出来的，显现了十足的古典艺术作品的造型的痕迹。但到了19世纪60年代，情况就大不一样了，照片曝光时间更短了，人们也能以平常的心态来对待它了。随着世界工业的发展，社会越来越功能化。摄影开始用于纪实报道中，比如报道横穿美洲大陆铁路线的建成。这绝对是某个充满活力的叫做萨拉·伯恩哈特（Sarah Bernhardt），或豪放不羁的波德莱尔（Baudelaire）的作品。与此同时，摄影也用于报道一系列社会问题，我们看到了内战中腐烂的尸体，工厂中辛苦的童工，还有城市的贫民。到19世纪60年代，摄影已经



成了抨击社会、见证历史的工具。不过，最初摄影只是一个悬而未决的技术难题，是对人类想像力的一种嘲讽。仅仅 30 年之后，保存图像的能力竟已演变成我们表达良知的一种方式。^[5]

如果说有的里程碑式的发明是由人类古老的渴望所驱使的，那么，有的则代表了人们对世界的新的认识。在第 5 章，我们谈到了人们获得知识的新途径。思维上的变化使人们对测量工具也有了新的认识。于是人类首次开始寻找既能测量有形属性如长度、重量等又能测量无形属性的方法。机械钟（见第 5 章）让我们知道了确切的时间。所以可以说，机械钟是科技史上的又一个里程碑。而测量温度的方法就成了人们的下一个目标。

对温度的测量最终促进了化学的发展，同时也带来了一门新的学科——热力学。测量温度首先要求人们在概念上要有一个突破。丹尼尔·华伦海特（Daniel Fahrenheit）就是突破了传统观念的人。他于 1686 年出生于波兰的格丹斯克城。不幸的是在他 15 岁那年，父母由于误食毒蘑菇而双双撒手人寰。市议会把华伦海特四个弟弟寄养在别人家里，而让丹尼尔跟一个商人当学徒，那位商人教会他怎样记账，并把他带到了阿姆斯特丹。

在阿姆斯特丹，他第一次看到了温度计这个东西。伽利略发明了早期的温度计，并称之为验温器。验温器经过完善，成为佛罗伦萨温度计。60 年后佛罗伦萨温度计，成为阿姆斯特丹交易的商品。丹尼尔对它产生了浓厚的兴趣。于是他从学徒生活中逃了出来，放弃了祖传的家业，从别人那里借来钱，开始了对温度计的研究。这一举动最终被格丹斯克市议会的当权者发现了，他们把年近 20 岁的华伦海特抓了起来，送往荷兰的东印度公司。在



左：伽利略验温器

右：佛罗伦萨温度计



华伦海特 24 岁达到法定成人年龄前，他一直在逃避荷兰警察的搜查。

起初的日子，华伦海特到处流浪。他到过丹麦、法国、荷兰、瑞典、波兰等国家，在这期间他一直在学习研究，发明创造。谈到华伦海特，尤尔瑞奇·格雷古尔（Ulrich Grigull）曾评价说：佛罗伦萨式温度计的刻度很不精确，因为没有发现两个佛罗伦萨温度计的读数完全一样。制造温度计的人把佛罗伦萨地区一年中的最低温度作为温度计的最小刻度，把一年中的最高温度作为最大刻度。华伦海特想要改进温度计，使造出来的温度计刻度统一。他认识到不应以某一地区某一时间的冷热程度来确定温度计的刻度，而应找到一种在一定的温度下发生变化的物质。艾萨克·牛顿比他早几年就想到了这一点，但他不研究温度计，所以他的想法只是停留在了书而上。

华伦海特用了 7 年的时间造出了酒精温度计，其刻度由三个标准温度构成。他把某种盐水的冰点温度作为零刻度，把水的冰点定为 32 度，把人的体温定为 96 度。他为什么用这些数字呢？本来他是用 0、4、12 三个数字作标准温度的，后来他把这些数据都扩大了 8 倍，于是便有了 32、96。人的体温实际上略高于 96 度，但相差不远。后来，华伦海特又造出了水银温度计，这次他用水的沸点代替了人的体温作为最大刻度。^[6]

后来，华伦海特造出了两个测量结果完全相同的温度计，这是史无前例的，震惊了全世界。那一年，他还仅仅只有 28 岁。这位发明天才的一生没有明显的转折点，他用抽象的眼光来看待温度计的刻度。没有受到牛顿的影响，华伦海特认为普通物质的属性能够用来确定刻度。然而他做到了牛顿所没有做到的，造出了非常实用的温度计，向世人展示了自己的科学思想。

当然，温度计是 17 世纪时代精神的产物。现代科学赋予人们新的量化自然的能力。如果说 17 世纪的发明服务于科学，



那么 18~19 世纪的发明则得益于科学。拿电报来说，它既代表了人类原始的渴望（这里指的是相互交流的愿望），又代表了人类向新的科学技术领域的迈进，这是前人想都不能想到的。在第 14 章我们将了解 18 世纪电报概念是怎样成为当时的新生事物——电的产物，并将了解在塞缪尔·莫尔斯（Samuel Morse）之前，电报的概念就已经存在了。电报充分证明了弗朗西斯·培根关于观测科学是发明创造的奴仆的论断。

莫尔斯在许多发明家中算是出道比较晚的。他的前辈们提出了一个大难题：如何运用电让两个相距很远的人立即通话。先不谈莫尔斯，我们来看看跟他同时代的几乎被人遗忘的另一位发明家，威廉·奥绍尼西（O'Shaughnessy），这样我们就会更清楚地认识到电报作为一个重要里程碑的作用。

1855 年英国在印度建立了一套 6400 公里长的电报系统，将加尔各答、阿格拉、孟买、白沙瓦、马德拉斯等城市连接起来。这套系统是根据奥绍尼西的设想完成的，同时，它也加强了英国对印度的控制。奥绍尼西是 1833 年作为助理外科医生，随英国东印度公司去印度的，当年他 24 岁。在印度，经过反复实验，他发明了一台电动发动机和一种氯化银电池。后来，奥绍尼西于 1839 年在加尔各答附近建立了一条长 21.7 公里的电报示范系统。

这时距塞缪尔·莫尔斯在美国建成他著名的电报示范系统才刚刚两年。但奥绍尼西对莫尔斯的成果却闻所未闻。他使用的是一种不同的讯号。一开始他用电刺激操作员的手指来传送信息。后来，他还用胡格利河的一条 4.2 公里长的支流代替了电线并完成了整个回路。这是他的发明的超凡之处。

奥绍尼西出版了一本关于他的电报系统的小册子，但是他没能唤起人们对电报的兴趣。1847 年，达尔豪西（Lord Dalhousie）勋爵当了英国驻印度总督，他独具慧眼，开始基础设施的建设。他修公路，挖运河，开通至英格兰的水运服务，修筑了印度铁



路，还建立了一套邮政系统。达尔豪西看到了奥绍尼西的电报系统的发展潜力，于是授权奥绍尼西在加尔各答附近建设一条长43.2公里的电报线。这条线路直到1851年还运行十分正常，于是达尔豪西又令他修建覆盖全印度的电报线路网。3年后奥绍尼西完成了这项工作，电报线路网1855年2月正式投入使用。

不论从科技还是从政治角度看，这套电报系统都是成功的。到18世纪50年代，奥绍尼西对英美新的电报系统有了一定的了解。但这不但没给他带来帮助，反而成了他研究的障碍，因为那意味着要避免与他们在专利权上的争端，他必须发明有自己特色的一套装置，也就是说，他必须在当时的环境中，采用本地材料探索独特的建筑方法。同时，他必须发明他自己的信号转换器和他自己的线路转接法。这套系统还在修建的时候，就给英国在克里米亚战争^①提供了很大帮助。3年后，该系统增强了英国对印度的殖民统治，在镇压印度士兵起义中，起了决定性的作用。据说，一名被俘士兵带上绞刑架时，还指着一根电报线大义凛然地喊道：“我们是死在这些可恶的电线上的。”^[7]

你可以对英国19世纪的殖民主义提出质疑，那里当然存在着很多问题。但我们应当敬佩奥绍尼西。他向我们证明了，人如果相信自己的创造力，就能做出一番事业；他也提醒我们，人是可以改变世界的。此外，他也指出，一个真正的科技里程碑在它的时代到来时，会在各地蓬勃发展。确实，电报的时代已经到来了。

我们再来看另外一个科技里程碑——程序电子计算机。程序电子计算机似乎比其他一切原始的渴望都要进步些。其实不然。计算机的发明是在解决如何织出花布这一棘手问题时开始的。为了织出一幅图案，织布的人要用不同的梭子，按照精确的顺序在

^① 克里米亚战争，1853～1856年，英、法、土与俄国的战争。——译者注



各种颜色的经线间穿来穿去。1805 年，法国工程师约瑟夫－玛丽·加卡（Joseph－Marie Jacquard）发明了一种可以自动完成这一工序的方法。他把一叠带小孔的卡片放在一种机器前，小孔一露出就会引入一根线。从那以后，我们在纺织中就一直沿用这种方法。准确地说是加卡编制了这一织布操作程序。^[8]

5 年后即 1810 年，一位年轻的英国人，名叫查尔斯·巴比奇（Charles Babbage）进入了剑桥大学学习数学和机械。1816 年，他由于在计算器和计算方法上所取得的成就，成为英国皇家学会会员，那年他只有 25 岁。1834 年，他突破了计算器只能计算的局限，想到了如何研制一台能按我们的要求进行一系列运算的机器，而且还有了制造程序计算器的初步想法。但是他最终没能制造出他所谓的解析机器，不过，他为我们今天的数字计算机提供了基本原理。

现在，我们再回到加卡织布机上来。数字计算机运行的关键是传输一系列的“开”、“关”命令。巴比奇运用了加卡式的打孔卡片。小孔的“有、无”则代表了机器的“开、关”命令。

巴比奇这一想法在头脑中酝酿了好长一段时间。与此同时，另一个聪明的年轻人，赫尔曼·霍勒瑞斯（Herman Hollerith）进入了美国人口普查局——一个没完没了的抄写和记录的世界。如果有人问：在我们人口中爱尔兰移民占多大比例？我们如何从成千上万张资料卡中找到答案？有人曾想到在很长的纸上用墨水作记号来统计。霍勒瑞斯想到了在纸上打孔的方法，就像自动钢琴的滚筒一样。自动钢琴上的每一个孔对应一个音符，而霍勒瑞斯卡的每个孔自动对应一条资料信息。但是这样，许多资料卡就失去了本身的特征，因此很容易出现严重的错误。

一天，霍勒瑞斯的一位朋友告诉他：“你可以在资料卡片的边上作上记号。”嘿！霍勒瑞斯豁然开朗。他把这种想法发展成了一套系统，将每个人的资料存在一张卡上，然后打上孔。比如



说如果你是能读写的公民，有一个小孔就会进入第7行、第9排。这样，在1890年的那次人口普查中，他把入口资料及时编成了一套完整有效的系统。

如果你用过20世纪80年代前的计算机，你也就使用了霍勒瑞斯卡，更巧的是，这些卡与1890年的美钞一样大小。^[9]使用计算机时，你要把每条命令输到自己的卡上。后来，霍勒瑞斯离开了人口普查局，组建自己的公司，这就是今天的IBM公司（国际商用机器公司）。从加卡到巴比奇到霍勒瑞斯再到IBM公司，最后到我们都在使用的功能完善的巴比奇机器，这个不断演变发展的过程真有点让人不可思议。

其实，这些东西的本质是完全一样的。计算机也像当时人们想飞翔和想交流一样，也是人们最原始、最根本的渴求。这种能思考的机器的种子一旦播下，就在世界各地茁壮成长起来，而且发生了各种想象不到的变化。

在我们结束科技里程碑的探讨之前，我们来看一看计算机的同族兄弟，该机器当时也被看做是一个里程碑，但今天看来它不过是计算机发展史上的一个被遗忘的亮点。当时被认为是一个里程碑，最后证明它其实不然。

真正研制复杂计算机的工作于第二次世界大战前就已经开始了。其中最重要的是万尼瓦·布什（Vannevar Bush）20世纪20年代开始的研究。万尼瓦·布什先后当过麻省理工学院（MIT）校长、校长顾问，是50年前的一位伟大的科技预言家。布什1942年在MIT成功地研制了巨型洛克菲勒微分分析器，登上了他研究工作的顶峰。这台机器重100吨，有2000个真空管和150台发动机。布什的分析器其实是一种模拟计算机。这种计算机遵循了我们试图解决的混合着电子和机械过程的等式。数字计算机把运算分解成加法和减法，所以它是靠做大量简单的数字运算来完成工作的。



微分分析器很快陷入了第二次世界大战的阴影中。但第二次世界大战刚过，MIT 电子工程系的一位权威人士就指出：“微分分析器标志着微分运算机器化新纪元的开始。”MIT 的康普敦校长指出：“微分分析器是现代最伟大的运算工具。”这种在第二次世界大战后出现的机器使用了仅仅 5 年后就被淘汰了。政府已经秘密投入了大量资金开始了依尼阿克（ENIAC）——电子数字积分计算器的研究。当时研究这种数字计算机是为了解决炮弹的弹道计算问题。正是这种新生的高速数字计算机使布什的分析器失宠了。

看到布什的分析器失宠，历史学家拉里·欧文斯（Larry Owens）似乎有点悲哀，他感叹道：“我们该怎样讲述一台机器的故事呢？”欧文斯总结说，这一现象正好告诉了我们战后的工程学发生了很大的变化，并指出布什是那些在室内搞工程研究的代表人物。他还说布什的计算机包括许多复杂的机械元件和电子元件，实际上它是按战前工程师们实在、自然、科学的思维方法来制造的。而现在的数字计算机运用了完全不同的数学语言，不再像战前工程师用的语言那样抽象和数学化了。^[10]

我们当时还没有意识到布什机器的失宠正向我们暗示了我们工程师的工作已经发生了变化。我们仅是把微分分析器看做是一个机器人，认为它把人的直觉和对运算过程的熟悉程度具体化了，而且这正是我们在工作中想再现的。科学技术的精华以新的形式又出现了。因此，即使布什的分析器已经不用了，但它所代表的精神并没有随之而去。实际上，微分分析器寿命的终结也预示了我在 20 世纪 40 年代后期在大学里所学知识的寿终正寝。布什的伟大机器让我认识到：我应把我的余生用在工程学习和实践上，因为这都是我以前在学校根本没有听过的。

最后，让我们回到我们的话题：一个真正的科技里程碑性的发明究竟应是什么样子？我认为它应该是能向未来发展、能影响



未来、能广泛传播、并能根据发展而改变自身。这是我们在本章中谈到的。而微分分析器只是一个反面的例子。我们希望通过它将科技里程碑的重要性能更清晰地展现出来。

-
- [1]关于轮子的发明情况请参照 V. G. Childe 在 S. Singer, E. J. Holmyard 和 A. R. Hall 编辑的《科技发展史》(*A History of Technology*)第一卷《古帝国由早期到衰落》(*From Early Times to the Fall of Ancient Empires*, New York: Oxford University Press, 1954)所写的第 9 章“旋转运动”(“Rotary Motion”)。也可参照 T. I. Williams 写的《发明的历史》(*The History of Invention*, New York Facts on File Publications, 1987)第 4 章。
- [2]关于曲柄的历史请参照 L. White Jr. 写的《中世纪的科技与社会变化》(*Medieval Technology and Social Change*, New York: Oxford University Press, 1966)第 3 章。
- [3]关于风车请参照 B. George 的 *American Heritage of Invention and Technology* (8, 3[1993]: 8~14)中的“捕捉风源”(“Reaping the Wind”)一章以及 E. Kealey 写的《收割空气: 12 世纪英国的风车先驱》(*Harvesting the Air: Windmill Pioneers in Twelfth-Century England*, Berkeley: University of California Press, 1987)第 7 章。O. Mayr 在《控制原理的起源》(*The Origins of Feedback Control*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970)中多次提到风车。
- [4]关于 DC-3 型飞机, F. Allen 在 *American Heritage of Invention and Technology* 中的“改变我们飞行方式的一封信”(“The Letter That Changed the Way We Fly”)一文中有很好的论述。
- [5]见 B. Newhall 的《照相术的历史》(*The History of Photography*, New York: The Museum of Modern Art, 1964)。
- [6]Ulrich Grigull 提供了关于温度计的发展的两点精辟的论述。一是在“Fahrenheit, a Pioneer of Exact Thermometry”(in TK, *Heat Transfer*, 1966;



The Proceedings of the 8th International Heat Transfer Conference, Washington D. C., : Hemisphere Publishing Corp., 1986, 1:9~18) 中指出了华伦海特为精确温度计的先驱, 二是 Grigull 在“Newton's Temperature Scale and the Law of Cooling”(*Wärme und Stoffübertragung*, 18 [1984]: 195~199) 中, 提到了温度计标准的进化过程。

- [7] 见 M. Gorman 的“Sir William O'Shaughnessy, Lord Dalhousie, and the Establishment of the Telegraph System in India”(*Technology and Culture*, 12, 4 [1971]: 581~601)。
- [8] 关于珍妮织布机和巴比奇的关系在 D. S. Cardwell 的《西方科技的转折点》(*Turning Points in Western Technology*, Canton, Mass.: Watson Publishing International, 1972, 119~121) 中有论述。
- [9] 有关 Hollerith 卡在现代计算机的进化过程中的作用, 请参照 K. S. Reid-Green 写的《科技时代的美国》(*Scientific America*) 中的“计算器的历史” (“The History of Census Tabulation”, February 1989, 98~103)。
- [10] 见 L. Owens 的“布什与微分分析器: 早期计算器的发展” (“Vannevar Bush and the Differential Analyzer: the Text and Context of an Early Computer”, *Technology and Culture* 27, 1 [1986]: 63~95)。



第12章 系统、设计与生产

没有任何一种技术是由一个或者寥寥几个发展而来。哪怕是某一种装置的最小组成部分，即使像螺丝钉那样小的东西，都是由一连串相关发明的累积整合而成的。说起简简单单的螺丝钉，有人会想到杠杆，有人会想到飞机悬梯，还有人会想到螺旋楼梯，螺丝正是结合了这三种发明，继它们之后问世的。可以说，一个由若干部分组成的装置就是由这些部分交织而成的体系。以剪刀为例，剪刀由三个相关部分组成，



剪刀由三个相关部分组成

即两片带有把手的刀片和起连接作用的螺钉。每一部分都是由一系列的发明发展而来的，而整体上则形成一个有效的装置，这不是某个部分单独能做到的。

体系一词在现代工程学词汇中被赋予了新的含义。虽然该含义与字典中“相关部分的组合”的解释并无大异，然而随着机器的复杂化，其体系化的特点在工程构思、设计和生产过程中变得愈来愈重要。但是，技术的这种体系化特点并不会由于某种装置而消失。

让我们来看一看汽车。汽车发动机本身就是一个庞大复杂的



系统，但是发动机的设计是不能离开其他部件单独完成的，因为车内的所有部件如发动机、散热器、变速器、制动器、空调、减震装置和其他部件，协力配合，为您驾车或旅游提供方便。但汽车的体系化特点并不仅仅局限于这些部件。汽车时时刻刻都与周围的生活相辅相成，互相影响。服务、噪声、空气污染、停车、行人安全等问题都已成为汽车制造商肩上的重任。我们所说的相关部分的特定集合，已不仅仅局限于汽车和其内部的紧凑结构，汽车将根据社会的需要而重新塑造自己。城市布局、家庭设计，甚至核心家庭的标准都受到这种相当复杂的技术产物的影响，而且这种变化仍将继续下去。

由于系统范围的扩大，如果我们只称系统为各组成部分的简单的集合，那么我们将会忽略一个重要特征。一个特定系统的实际组成部分不是一成不变的，是会随时间的推移发生变化的。得克萨斯州的休斯敦在 1850 年与现在大相径庭，那里的建筑、居民和基础设施都变样了。但是我们称为“休斯敦”的这个体系仍然存在。因此最好将体系看做是一种组成这一集合的各个无常部分之间的突变关系。

在任何情况下，城市和汽车一样，也是一个体系——这也就提醒我们技术每时每刻都卷入到生活的大网之中。不断更新的技术已经改变了自身与生活的相互作用的速度和强度。汽车、电话、电视和宽带网组成了一个庞大的体系，对各个工程的操作控制必须适应大系统的特点。

几年前，我的两个机械工程学的同事与其他系的工程师一起参加了一个有关体系的特别研讨会。不久，这个小组的成员就扩大了，其中包括历史学家、经济学家、哲学家和商业管理人才。毕竟，我们要一起解决我们所创造的这个体系的问题。回顾过去，我们就应该理解为什么研讨小组的注意力立即转向了盖娅假



说 (Gaia)。^① Gaia 指的是生物圈内的单细胞生物系统。它是由动植物、菌类生物构成的脆弱的球状壳物质，环绕着地球，从海洋底层一直漫延到大气层的外太空。因为一切生命都是相互依存的，所以它们整体上构成了一个生命体。我们开始懂得，要想治理好我们所处的环境，就必须认识到我们生活的空间只不过是一个更加庞大的体系的一个组成部分罢了。

因为没有一个人可以完全掌握 Gaia 的全部内涵，体系思维的内在的巨大陷阱也必然会显现出来。的确，如果我们不能置身于体系之外，我们就不可能处理好任何一个体系。最好办法就是跃出我们所能看到的具体部分，进入一个更大的整体，比如，进入工程设计、社会设计，并关心世界的方方面面。

为了更好地了解哪怕是最简单的体系的复杂性，我们不妨试一试下面这个实验。先找来三个金属物，螺丝帽、螺钉、铅锤或是手边的随便什么都行。把其中一个重物系在一根细绳的一端，推动这个东西使其摇摆起来。它要么像简单钟摆一样来回运动，要么绕圆圈运动，要么绕“8”字运动。接着，找一条更长一些的细线，并将三个重物每间隔 5 厘米系到这根线上。然后，把它们挂在天花板上，施力使这个系统开始摆动，观察它们的运动。结果是，无论哪一物体先动，这三个物体都会以最离奇的方式摆动。中间的物体可能会顷刻之间突然静止，另外两个物体则做旋转运动，运动可能在同一平面内，也可能绕圈转——反正运动方式总是在不停地变化。从一个独立物体到一个由三个物体组成的体系，它们的运动方式经历了由一个复杂却容易控制的运动到一个神秘运动的过程。

这与我们的技术系统这部机器多么相似啊。1987 年 10 月，

^① 盖娅假说，由英国生化学家罗夫洛克 (James Lovelock) 提出，认为地球是一切生命之源，同时地球上的生物和自然特征也在进化中变化的一种新的学说。盖娅，源出 Gaea，希腊神话中的大地女神。——校注



我们亲眼目睹了由计算机操作大量交易的股票市场在经济上的小波动所做出的反应。我们告诉计算机如何应付一定市场变化的时候，根本没有料到它们的“集体”作用。让我们大跌眼镜的是，这些计算机引发了一天的股市暴跌，其跌幅是有史以来最大的。三哩岛^①的核反应堆事故也使股市几乎崩溃。众多因素相互作用，所以没有一个操作员能针对变化作出正确判断，果断采取行动，遏制事故的发生，相反，他们的插手常常使情况越来越糟。

然而，复杂的技术系统正是当今社会结构的核心所在。1988年，我的一位工程设计师朋友从欧洲回来，他对我说：“约翰，我有一个奇妙的经历。那天我想给家里打电话，于是我就拿起酒店的电话，按了几个键，然后我就和在美国的妻子通上话了。”我看着他问：“那又怎样？”“来，想一想，”他答道，“要多少个复杂的系统才能给我提供如此的方便？这里而有发射卫星的太空技术，地面的电子技术，空中的无线电技术，酒店管理技术，还有许多其他技术。”

于是，我确实停下来想了一想。现在的工程师要想高效地组合有关零件，他们下的功夫比当初发明那些零件时下的工夫还多得多。考虑不周全的系统会给我们带来严重的损失；巧妙结合的技术则会带来惊人的好处和方便。像对现代医学那样，我们已经掌握了现代工程学的精华所在。如果我们孤立地解决问题，我们就不是在解决问题，而是在把事情搞糟，因为问题的各组成部分紧密相连。

如果我们不了解装置的内部结构，问题就复杂多了。“黑匣子”（black box）这个术语是近些年才出现的。起初，我们用它描述任何封闭的电子齿轮阵，但现在它已被赋予了新的内涵，可以

^① 三哩岛（Three Mile Island），在美国宾夕法尼亚州哈里斯堡附近，建有核电站；1979年3月28日核反应堆中心的轴被损坏，人们开始对核能作为另外一种替代能源产生质疑。——译者注



表示任何封装起来的装置。实际上黑匣子已成为一种隐喻，比喻我们在弄清楚事物如何运行时打退堂鼓。飞机上的飞行记录器被称为黑匣子，说明只有在最紧急的时刻才能打开。

记得我还很小的时候，我们在书架上像储存灯泡一样放了许多电子管。一个坏了，我们就换一个的。现在的收音机里用的是晶体管，如果一根晶体管坏了，我们就换一个的收音机。收音机便是一个黑匣子——我的确不知道我的收音机里到底有些什么。计算器、汽车传动器和钟表也都变成了黑匣子；甚至它们的标签上已写明了只有厂家才有权打开。

你能否很好地解释出汽化器是什么吗？万向接头是什么呢？你能说出发动汽车引擎时火花塞会打火几次吗？恐怕现在没有几个人知道吧。因为汽车本身也已成为黑匣子了。很久以前，车主一眼就可以看得到T型福特车的传动器，而且如果他们想让一辆车多开几年，就必须学会如何修理。汽车曾经是教应用机械学的一位相当了不起的老师，而收音机则教会了一代人什么是电路系统（electric circuitry）。我对内燃机、气体力学和电路系统的基本知识则是得益于制作飞机模型。1943年，飞机模型为复杂的技术革新奠定了基础。

现在的年轻人比他们的父辈年轻时懂得多得多，但他们是付出了一定代价的。我们在对待复杂系统时，往往忽略了我们周遭这一系统的内部结构，这导致知识本身变得集装箱化了。一个了解计算机的人可能对汽车一窍不通。对一个学习19世纪俄国文学的学生来说，约翰·多恩（John Donne）的诗就是一个黑匣子。我们还总是原谅自己对自身专业以外的知识的无知。

要把学生培养成为有才干有能力的人，就意味着要告诉他们，他们周围的黑匣子不是潘朵拉之盒，别人研究的领域也不是潘朵拉之盒，而是能够且应该被打开的。人家能做到的，你也能做到。任何一个学生都可以打开别的学生的黑匣子。于是我们又



回到了体系这个问题上。一旦我们认识到不能孤立地看待某个系统，我们就会明白将知识困在盒子里，这显然是我们所做过的最有害的事情。

那么，黑匣子变得很复杂时，我们怎样才能打开它呢？我们需要找到那些贯穿黑匣子的简单的线索。这个观点在古老的震颤教徒^①的抒情诗中得到完美的诠释：“简单是一种天赋，自由创造也是一种天赋，返璞归真也是一种天赋。”这几行诗可以补充到任何一本工程学设计书的第1章。这也是我大学毕业两年后应征入伍时上的一课。我被派到陆军通讯兵工程实验室（Signal Corps Engineering Labs）设计科研器材。在那里，我遇到了一名叫朱尔斯·索尔德（Jules Soled）的十分优秀的设计师——他的解释总是那么的清楚。我对他说：“你教我，我就为你工作。”于是他教了我许多学校里学不到的东西。他的第一课和最后一课总是如此：

先设计好一个方案，然后对它进行攻击。你的第一个设计会十分精致、复杂。但你要是能把它简单化，效果会更好。凡是高超的设计，你应最终让这个设计本身变得毫无必要。这点其实是很难做到的，因为我们喜欢复杂。

这个观点古已有之。早在14世纪，杰出的学者奥卡姆（William of Occam）就提出：“我们不应一味追求没有必要的烦琐复杂。”威廉是指在解释任何东西时做多余的假想是愚蠢的——最简单的解释就是最好的。我们称这种观点为“奥卡姆剃刀理论”，因为它剃掉了我们思想中的废物。看看安全刮胡刀。许多年来，设计师们一直在为刀片的安装、固定和拆卸不断革新。如

^① Shaker，震颤派，是从英国公谊会分出的美国基督教新教一派，因在宗教仪式中浑身颤动，故名。——译者注



果你上了年纪，你一定记得谢克（Schick's）剃须刀的广告词：“推推拉拉，喀嚓喀嚓”。把刀片固定到位，让剃刀不停工作可真是个大难题。



吉列“好消息”可弃型双刃剃须刀

后来有个聪明的家伙用“奥卡姆剃刀理论”解决了

剃须刀刀片的安装问题。你有没有发现，你可以简简单单地把刀片固定在塑料装置内。试想，现在还有谁会购买可换的刮须刀片？我们已经设计出了刀片固定装置，现在只要把刀片准确地卡牢在一块非常便宜的塑料装置中就行了。

我们都想回避简单的事情，掌握复杂的事情，以显示我们的聪明之处。回想一下震颤教徒的诗的第二行：“返璞归真也是一种天赋。”好的设计要以牺牲我们的自尊心为代价，但是真正的人才——真正的自由——是发现事情的简单性，并将工程设计简化到不能再简单为止。

然而，荒谬的是，实现简单化的征途上布满荆棘，是无比艰辛、困难重重。想一想这样一个例子：假设我们将原有的一次生产一件成品的生产方式，改变为分工协作的生产方式，这是把生产方式简单化还是复杂化？从长远的角度来看，这种改变创造了一种更为简单的生产方式，但要做到这一点，我们必须不断解放思想，不断改进生产车间。

18世纪80年代，英国兴起了以蒸汽为动力的大规模生产，但工业革命过后许多年，西方国家才实现全面工业化，直到20世纪初期才创造出大批量生产的流水线作业技术。该进程的第一阶段，即利用通用部件进行大规模生产，是紧跟在工业革命之后发展起来的，但直到内战之后我们才完全掌握此技术。



将机器各部分做成可换部件的想法由来已久。古登堡（Gutenberg）的活版印刷技术就是完全取决于字母的可换性。古登堡不得不将他那娴熟做钟表的技术，与独具匠心的创造相结合，使活版印刷术成为一项可行的技术。由于机械化的工业革命为我们的工作带来了高度的准确性，可互换部件的想法又被提了出来。布尔顿和瓦特就试图在他们早期创造的蒸汽机上应用部分可互换部件。18 世纪，可互换部件技术最初传到美国时，钟表商们就开始制造可互换齿轮。

其实，可互换技术的大力发展应该发生在我们大批量生产商品之前，而不是在发明现代流水作业之后。在此技术有任何实效之前，我们必须在没有人力介入的情况下，制造同类机器的部件。美国人一向认为是埃利·惠特尼（Eli Whitney）于 1803 年第一个通过使用这样的部件制造了步枪，但这一论断无疑是大错特错的。



早期的手工步枪，摘自 1832 年的《爱丁堡百科全书》

想要找到第一件全部由可互换部件做成的产品，我们不妨回到 1790 年的伦敦去看一看。枪支制造商勃朗（Honore Blanc）生产了 1000 支步枪，并把各部件分不同的箱子装起来。接着，他请来了一些学者、政客和军人，随机把从箱子里抽出的部件组装成步枪。那时，杰佛逊已经拜访过勃朗的工作间，并把上述方法记录下来传到了美国。18 年后，杰佛逊当上了总统，也正是此时，埃利·惠特尼窃取了勃朗的方法。没有人注意到这点，但惠



特尼的确剽窃了勃朗的方法。为了使各部件有效地结合在一起，枪的每一个部分都是由手工精心制作的。惠特尼和政府签订了4000支步枪的大宗合同。他用了8年的时间才交上这批货，毕竟那时枪的各部分是不可互换的。

勃朗和他的方法后来又怎么样了？答案会让你大吃一惊的。首先，勃朗不是第一个尝试用上述方法造枪的人。自1720年，就有若干个法国制造商采用了这种方法。再者，在惠特尼示范如何使用其枪支之际，勃朗已经从事枪支经营，正每年为拿破仑制造1万支步枪。然而，到了1806年，法国政府取缔了这一生产。为什么？因为通过这种无技能的劳动，勃朗的方法已经让制造商们摆脱了政府对传统工艺的控制。法国政府提出了一个极荒谬的理由，这个理由只引起了很小一部分人的共鸣。他们声称，不能制造整件产品的工人就不能生产出好的产品。他们称勃朗的方法没有用，于是便把它取缔了。

此时此刻，美国正按照惠特尼的精心策划不断发展枪支业。1850年从美国考察回国的英国人向人们描述了所谓的“美国式的生产系统”。当他们把美国可互换装配的技术告诉法国人时，却发现法国军队对此孤陋寡闻，一无所知。法国竟活活埋葬了这项技术。这件事把一个残酷的现实摆在人们面前：技术不是简单地按逻辑发展的。人们的选择取决于100个主观因素，但即使是最有用的因素，其作用也是小得可怜。^[1]

把枪支的各部分做成完全可以替换的部件是一个紧迫而又棘手的挑战。军队迫切需要能够在战场上更换部件的枪支。但19世纪的战场以左轮手枪为主，无法做到这一点，而那时步枪已大体可以做到这一点。到1860年内战前夕，我们成功地将步枪各部分做成可互换型，而手枪却还远远不能做到这一点。

内战结束之后，可互换装配的技术迅速席卷了美国的制造业。轻兵器的制造商雷明顿（Remington）进一步拓展了这项技



术。首先，他生产了大量缝纫机，然后又生产打字机。当亨利·福特（Henry Ford）在1913年把流水线生产发展到空前盛况时，美国在很短的生产时间内，就确立了自己在生产业上的全球领先地位。^[2]

然而，亨利·福特并不是应用可互换技术进行简简单单的汽车生产的第一人。让我们暂时把画面拉回到英格兰。直到1900年，大不列颠还自诩是日不落帝国，是领导潮流的先锋，并声称英国的制造业是所向披靡的。然而伦敦的文明似乎在一夜之间全方位瘫痪了。1900年，大不列颠虽在动力机械上理所当然地享有领先地位，但这种领先是建立在蒸汽动力基础上的。英国工程师对内燃机不屑一顾，而且上层阶级把私人机车的发展视为是对本阶级的威胁。英国早期的上等汽车都来自欧洲大陆。英国人公开歧视美国产品；没有人能想象出美国可以制造出一辆像样的汽车，甚至大多数的美国人也这样认为。

1903年，弗雷德里克·班奈特（Frederick Bennet）是在一家汽车出口公司工作的一名英国青年。有一次，他突发奇想地从美国进口了一辆凯迪拉克汽车。这辆4.8千瓦、只有一个汽缸的旅行车很快就参加了伦敦的英国中部登山汽车俱乐部（Midland Automobile Club Hill Climb）所举行的汽车赛。好奇的大众正是通过这样的比赛来了解汽车的。班奈特的小卡造拉克以每小时12.8公里的速度径直冲上山坡，凭借着是其他车3倍的马力赢得了比赛。从这以后，班奈特和他的车在比赛中取得了一次又一次的胜利，向人们证实了他有一辆好车，但他在销售汽车的时候却面临着一个问题。因为那时候，汽车部件还不能完全互换。人们认为，如果凯迪拉克某个部件在英国坏了，英国的工程技师必须一锤一锤地精心打造各部件以便和车配套，美国的工厂和技师实在离得太远了。

班奈特只好再给英国人点厉害看。1908年他请官员在8辆新



凯迪拉克中任意挑选3辆，然后当众把这3辆车拆卸成200多个部件。所有混杂在一起的部件经过重新安装，3辆由不同部件组成的车竟完美地组合成功了。这些车立即又开往起跑点参加另一场比赛——就像3个身穿五颜六色衣服的马戏团小丑。班奈特成功了！没人能想到利用互换部件技术进行汽车批量生产。早期的凯迪拉克为技术的进步开辟了道路，并且打开了美国汽车在英国的销售市场。^[3]

然而，更重要的是，这些汽车帮助美国摆脱了由来已久的自卑感，同时为美国制造商打开了本土市场。这些骄傲的小汽车带动了福特车和奥尔兹车的大批量生产，到1920年汽车改变了美国人的生活方式。

亨利·福特1913年就开始批量生产T型福特车。一年后，德国潜水艇开始用鱼雷袭击同盟国的船只。这些所谓的U型潜艇已成为新的威胁，必须用新式武器来对付。起初，美国海军竭尽全力，以驱逐舰应战；后来，海军聘请了地方上制造游艇的专家打造了一艘长33.5米的木制潜艇舰。这种潜艇舰又快又轻便，看上去很像游艇。最后，海军选中了一种性能、大小介于两者之间的艇体——长60米的钢制潜艇舰，名曰雕级猎潜艇（Eagle Boat）。

1918年1月，美国海军聘请亨利·福特，建造了100艘雕级猎潜艇。对此挑战福特爽快地答应了。早在6个月前，福特曾经一脸严肃地告诉新闻界：“我可以一天造1000艘小潜舰。”^[4]为了建造雕级猎潜艇，福特设立了三条并排的流水线，每条有0.5公里长。福特于5月份开工，6月份完成第一艘潜艇。接着，他准备每天造一艘，可是问题来了。第一艘雕级猎潜艇根本无法承担3个月的军事任务。1年后，福特只造了17艘舰艇，但这些舰船的性能完全没有得到正常的发挥。

后来，福特特地了一下有关海军的专业知识。传统的造



船理念不会减慢他的造船速度。对福特来说，一艘船和一辆T型福特车能有多大差别？然而，他发现这其中差别很大。他造的第一批船既漏油又进水，他的工人还没有掌握造船的铆接法。他们没有搭建高台，而以梯子代替，麻烦也就接踵而来。福特根本没有意识到在造船的过程中会牵扯到如此多的具体的工艺技术。海军把与福特的合同减到了60艘。直到战争结束1年后，福特才完成他的最后一艘舰艇。

福特建造的所有舰艇，均需修理和翻新，无一例外。而且，这些船即使在当时性能也很差，很难在海上操纵，下水后5年之内就有3艘船遇难沉没了。第二次世界大战爆发后，这60艘舰艇中只有8艘还能使用，但也只不过在美国沿岸的水域中使用，其中的一艘被德国的鱼雷击沉。

第二次世界大战就像是一场新的球赛，福特很快旧态复萌，大言不惭地声称他可以1天制造1000架飞机（见第15章）。战争期间他确实造过轰炸机，但绝不是一天1000架。造飞机和造船一样，都涉及具体的工艺。建立一条生产线是又费时又费力的活，福特造飞机的努力不得不又以失败告终。在汽车制造初期，一次次生产奇迹就这样由于福特的过于自信而与他失之交臂。然而到最后福特都不承认这样一个事实：好的技术是交织于人们心中和想象中的一张复杂网——一条好的生产线必须体现出人类共有的工艺知识。

我们必须问问自己能否一眼看出工业革新的实质——如何避免把它和单纯的狂妄自大混淆起来。在一个创造新体系的工业中，发明和革新的过程又是怎样的呢？乔治·怀斯（George Wise）在谈到以产品为目标的革新循环（product-driven innovation cycle）时提供了一些线索。怀斯认为工业革新会在三种不同的情形下发生。第一，是为了满足基本需要，这是最明显的一种情形。但在前几章，我们已反复看到，事物不总是那么简单，基本需要也并不



不总是发明的前提。第二，革新往往是在革命性发明的推动下发生的。例如晶体管就带动了各种各样新发明的问世。但是怀斯对第三种情形最感兴趣，即以产品为目标的革新循环。

以产品为目标的革新循环是这样的。工程师改进一个现有的产品，甚至是相当不错的产品。突然他从产品身上看到了一个亮点，一个全新的概念突然从脑中跃然而出。蝴蝶是由毛毛虫蜕变而来的。怀斯告诉我们这类事比我们想象的普遍多了。比如说，1908年通用电子公司雇佣了一名叫欧文·兰茂尔（Irving Langmuir）的美国青年，他在德国获得应用化学的博士学位。兰茂尔研究的是小电丝的散热原理。看来他正是研究供热装置的最佳人选。

兰茂尔继续致力于改进通用电子公司的供热装置的工作，例如炉子、电熨斗等。当时在公司的产品中，灯泡也是利用散热电丝的，所以兰茂尔也一併作了研究。通用电子公司的灯泡都是真空的，也就是说，在生产过程中，灯泡内的空气被全部抽出，灯丝因而不会被烧断。这对瓦数低的灯泡来说很不错，但在使用钨丝的瓦数较高的灯泡中，钨丝却慢慢蒸发了。钨蒸汽就附着在灯泡内部，直到最后变成黑色。

后来兰茂尔发现，如果在灯泡内充入一种不致使灯丝燃烧的惰性气体，就不会有钨蒸发现象了。但问题是灯泡内的气体流动会消耗太多的热量，不能使灯泡保持明亮。然而实验证实了，如果在灯丝外匝一圈密线圈，热量就会少消耗一点。兰茂尔从热量消耗得到启发，发明了我们今天使用的氩灯。这可多亏了他当初改进炉子和电熨斗的工作经历。

怀斯也联系到了其他方面——轮机充电机是如何从电冰箱得到启发的，空调跟气轮机又有什么联系。很显然，他引导我们了解发明的一般过程。一个好的工程师可以把一个东西改变为另一个东西，只要他能看到自己前面的亮点，他就会不失时机地进行



革新。兰茂尔正是凭着这种预见，在他从事的金属表面化学的研究上获得了 1932 年的诺贝尔化学奖。^[5]

现在我们脑中已对系统和工业化有了一定了解，那就让我们一起进入到真正宏伟的工程体系时代——一个机器被视为宏伟壮观的新标志的时代。正如古埃及的金字塔和中世纪末的哥特式教堂在历史上的地位，工程体系也将成为 19 世纪的瑰宝。接下来让我们一起步入唯物主义的神话时代。

- [1] K. Alder 曾在《革新与遗忘：通用部件大生产的工程合理性及其在法国的命运》（“Innovation and Amnesia: Engineering Rationality and the Fate of Interchangeable Parts Manufacturing in France”, *Technology and Culture* 38, 2 [1997], 272~311）中提到过法国最先发明了利用通用部件进行大生产的生产方式。
- [2] 关于在美国进行的互换技术生产，请见 D. A. Hounshell 著的《从美国体系到大生产，1800~1822》（*From the American System to Mass Production, 1800~1822*）；《生产技术在的发展过程》（*The Development of Manufacturing Technology in the United States*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1984）。
- [3] M. D. Hendry 在《凯迪拉克——世界水准：一部完整的 70 年历史》（*Cadillac, Standard of the World: the Complete Seventy Year History*, New York: Automobile Quarterly Publications / Dutton, 1973）中讲述到凯迪拉克车在英国的故事。
- [4] 见 D. A. Hounshell 在 M. R. Smith 编辑的《军队企业与技术性变革》（*Military Enterprise and Technological Change*, Cambridge, Mass: MIT Press, 1987）一书中“福特雕级猎潜艇与一战期间的大规模生产”一文。
- [5] Wise G., 《通用电子技术中的热传递研究。1910~1960：有关由产品所驱动的革新循环的举例》（“Heat Transfer Research in General Electric. 1910~



1960: Examples of the Product Driven Innovation Cycle", *History of Heat Transfer: Essays in Honor of the 50th Anniversary of the ASME Heat Transfer Division*), 出自 E. T. Layton 与 J. H. Lienhard 编辑的《传热学历史: 献给美国机械工程师学会传热学分会创建 50 周年的论文》(New York: The American Society of Mechanical Engineers 1988, 189~211)。



第 13 章 物质神话时代

当肯尼斯·克拉克（Kenneth Clark）的那部宏大的十三集电视系列片《人类文明》写到最后一集的时候，他把它命名为《物质神话时代》。这部系列片是基于克拉克对文明下的定义拍摄的。每一集都在向人们展示以特定的创造能力为标志的西方历史发展的各个时期。在最后一集里，作为总结，克拉克向人们介绍了 19 世纪初期工程师们是如何创造了崭新铁铸的世界——一个人造的、神话般的物质世界。

克拉克独具匠心地使他的标题起一定的误导作用，就像他的其他宏著也曾误导过我们一样。如果《物质神话时代》一书不是描述 19 世纪和 20 世纪的工程，而是描述中世纪的大教堂的话，我们很可能会感到不习惯。回眸哥特式大教堂，我们看到的并不是冷冰冰的纯物质性的石头，而是人类精神力量的迸发。我们看到对物质的精神超越。

然而，对克拉克的这种似是而非的论断，即 19 世纪的铁是纯物质的东西，我们最初的反应是他说得有道理。但是一旦他把那种落人俗套的观点介绍之后，他就把我们引领到我们始料未及的方向。他解释了铁如何引发了社会变革。到 19 世纪末，维多利亚时代的铁甚至起到了这样的作用：使艺术从赞美英雄的基调回复到印象派的人情味更浓的作品中。^[1]



这并不奇怪，正如我们强调过的，机器与人类生活需要息息相关，而且永远是人类社会的一种制衡力量。到了20世纪30年代，法籍瑞士建筑师勒·柯布西尔（Le Corbusier）指出：“机器和手工艺是这个谎言充斥的世界中的一种真实存在！机器的确富有人情味，但我们并不真正了解机器。”他呼吁，“整个世界缺乏一种起协调作用的东西，以使现代社会的人性美德凸现出来。”^[2]在这一章里，我们把机器看做一个英雄人物，我们看到的是他从狂妄自大演变为富有人情味儿——从拿破仑·波拿巴的个人狂热到全世界的共同努力，实现人类步入太空的梦想。

被克拉克称之为神话般的物质时代始于19世纪初，到大约10年前才有迹象表明我们已渐渐摆脱了那个时代的技术束缚。两百年来辉煌技术先是模仿人体，然后远远地超越了人体。今天，建设大型工程的动力已开始让位于其他东西。因为今天，计算机和现代生物学正在向我们昭示：高新技术不再使我们自惭形秽，它正在朝着满足人类的需求方向转轨。高新技术不仅模仿我们的身体，而且也模拟我们的思维，不过，高新技术比人类的智慧落后一步，永远不会超越我们的思维。

技术虽然有时裹足不前，但总的趋势仍然朝着使人类需要不断得到满足的方向发展。过去曾经是这样，将来也必然是这样。整个19世纪和20世纪的好几十年中技术增强了我们控制周围世界能力。如果说这个进程能使我们理解对周围世界的控制规模和程度有时或多或少变得荒诞，那么，这也就意味着：技术使我们变得更富有人情味儿。

让我们看看19世纪技术发展的负面影响，了解拿破仑·波拿巴鲜为人知的一面。他在对法国实行军事独裁的前两年，是法国军队年仅28岁的最高统帅。那一年，也就是1797年，他当选为法兰西学院科学部的院士。拿破仑因为对科学的贡献受此殊荣，当之无愧。



这一殊荣并不只是政治上的谄媚之举。年轻时代的拿破仑是科学和工程技术的重要支持者。他为建设巴黎工学院——法国著名的工程和应用学院的建设——做了大量的工作。就在他接受这份荣耀的一年后，即1798年，他带领法军向埃及进发，这一远征既是军事行动，也是科学任务。正是在对埃及作战陷入僵局时，随拿破仑一同远征埃及的一位考古学家发现了罗塞达碑^①（Rosetta Stone）。

但是，拿破仑对应用科学的支持不久就同建纪念碑的愿望混杂在一起。1804年，即他称帝的那一年，他写道，“一个人留下的纪念碑有多大，他的功绩就有多大。”^②历史学家弗朗西斯·斯蒂纳（Frances



拿破仑站在狮身人面巨像前，摘自《世纪杂志》，1893

Steiner）说，拿破仑曾梦想着把得来的战利品——大炮熔化，再用熔化的铁在战争的废墟上建造纪念碑，以此来庆贺胜利。虽然拿破仑此时仍对工程技术感兴趣，但是这种兴趣已经变成了对自身的美化和赞颂。

但是，由于钢铁冶炼要求很高的专业水平，拿破仑用钢铁来铸造不朽的梦想就破灭了。大不列颠人精通炼铁术，而法国在这方面却大大落后了。英国铁昂贵，而法国铁质量差。法国人仍然没有用焦炭代替木炭来熔炼铁矿石。法国的工程师也还没有掌握炼铁技术的精华。拿破仑时代新一代的法国工程师急切地想攻克

^① 埃及古碑。该碑于1799年在尼罗河口的罗塞达城郊发现，上刻埃及象形文、俗体文和希腊文三种文字。该碑的发现为译解古埃及象形文字提供了钥匙。——校注



这一技术，而且对此做好了充分准备。不过，法国建筑师在利用花岗岩上倒是技艺超群，他们不愿意跟铁打交道。

但是，在拿破仑统治时期，工程师和建筑师的确用铁建造了一些大型工程。他们建造了不少桥梁，并取得了不同程度的成功。由于方法得当，法国人曾在塞纳河上建起一座 35 米长的拱桥，并以奥斯特里兹之战为之命名。而最艰巨的工程要数用铁屋顶替换一座粮食交易所谷物大斤原来直径为 43 米的屋顶。这项工程于滑铁卢战役之前两年竣工，花费是原先预算的 7 倍。

拿破仑统治期间，法国在铁的应用上无论如何也没能赶上英国。虽然法国最终建成了埃菲尔铁塔和铁作骨架的自由女神，但那已是拿破仑之后 70 年的事了。但不管怎么说，是拿破仑在法国开辟了把铁作为建筑材料的时代。拿破仑对技术的关爱，不仅仅是出于对纪念碑的热情。历史证明，年轻时代的拿破仑充满着理想，他为法国应用科学的教育打下了坚实的基础。

最终打造出 19 世纪神话世界的工程师们，受一种新的精神动力的驱使，他们是自我表现型的钢铁艺术家。要理解这一点，最好莫过于走近当时最有成就的工程师依萨姆巴德·K·布鲁内尔 (Isambard Kingdom Brunel)，看看他是怎么做的。依萨姆巴德的父亲，马克·依萨姆巴德·布鲁内尔 (Marc Isambard Brunel)，1769 年出生于法国，是工程师兼保皇党人，因为法国革命而逃离法国。他来到美国，在这里干了 7 年，甚至还加入了美国籍。但他最终移居英国，并在那里跟一位他早年在法国认识了好几年的女子结了婚。由于他在英国的工程设计，他开创了后工业革命工程设计的新纪元。他设计了一座早期的吊桥，第一座浮动船坞，和一条泰晤士河底隧道（这是最大胆的一个设计），开了此类隧道之先河。在挖掘这条长达 400 米的隧道的过程中，他们发明若干河底隧道作业的新技术，比如发明铸铁挡板以确保挖掘工人的人身安全。随着施工的进展，他们不得不解决令人棘手的问题，



比如怎样在黏土层和沙层里建隧道等等。



远未竣工的泰晤士河底隧道横剖面图，摘自《爱丁堡百科全书》。请注意，该工程最初是为有轨马车修建的，而不是为蒸汽机动车

老布鲁内尔让他年仅 21 岁有点自负的儿子依萨姆巴德负责工程建设。该工程于 1825 年开始。原计划 3 年完工，结果却拖到 1843 年方才竣工。其间发生过一起坍塌事故，很多工人因此丧生，小布鲁内尔也因此受重伤，工程被耽搁了 7 年。不过，这条隧道直到今天还在造福伦敦人。

马克·布鲁内尔已经够有创造力的了，但是，依萨姆巴德·K·布鲁内尔凭着自己的天赋，把他父亲的事业推上了巅峰，使之成为 19 世纪工程的典范。他建造了 3.6 公里长的伯克斯隧道，一些大型的吊桥和拱桥以及 1600 公里长的铁路。每项工程，他都取得了一些闻所未闻甚至无法想象的技术创新。

他最伟大的成就是他设计的蒸汽船。1837 年，他建造了桨板船大西方号，这是早期能够安全横渡大西洋的少数轮船之一。接着，他又设计了螺旋桨推进型轮船大不列颠号，这是此类轮船中较早的一艘。之后，他可谓“贪多嚼不烂”，1853 年，他开始大东方号的建造。这件事情我在第 9 章已经提到过。布鲁内尔原计划把大东方号设计成载客 4000 人的巨轮，途中不用加油就能一次往返英国和澳大利亚。这艘船长 230 米，重约 2 万吨。1858 年，大东方号第一次下水，第二年，依萨姆巴德·K·布鲁内尔死于心理压力和过度劳累。轮船一切如愿，惟一的遗憾是油料利用率仅及当初设想的 1/4，这大大削弱了它作为客轮的能力，不过，在历史上，它仍占有不朽的地位，因为在铺设第一条大西洋海底电



缆时，它是惟一能载得下电缆的轮船。

小布鲁内尔靠他自己的力量影响了世界，创造了工程建设的奇迹。他营造了那个世纪技术的氛围，创造了人类史无前例的辉煌，使工程建设几乎超出人类的想象。可谓前无古人，后无来者。

在维多利亚女王统治的早期，女王和丈夫阿尔伯特目睹周遭发生的一切，于是决定举办一次世界性的现代艺术和设计展览。他们对中央展览厅设计图进行公开竞赛。植物学家兼园景设计师约瑟夫·帕克斯顿公爵（Sir Joseph Paxton）的设计入选。虽然他的建筑设计只是个临时性的，但它却成为人类建筑史上最伟大的纪念碑之一。

1851年，帕克斯顿公爵设计的水晶宫竣工。那是一座令人叹为观止的由玻璃与钢铁建造的亭阁式建筑，长500多米，占地7.43万平方米。它使用了很前卫的悬臂梁钢铁结构，而且该水晶宫的各部分是按标准预制的，可以组装起来，还用了大量拱形的玻璃窗。显然这是受了他早先设计的温室的影响，但他对外却很乖巧地说这是模仿百合花，亚马逊流域的一种学名为 *Victoria Regia*（以维多利亚女王命名）的花卉的形状建造设计的结果。依萨姆巴德·K·布鲁内尔对水晶宫评价很高，因为它毕竟是依据自己与他人共同确立的固体工程原则建造成的（与亚马逊百合花没有太大关系）。

直到1854年被拆除，展览吸引了参观者600万人，是一次巨大成功，其实，它是各种建筑风格的大杂烩。在这里面，帕克斯顿的直线糅合了早期的艺术作品的风格，从18世纪的洛可可式到18~19世纪之交的自然崇拜，五花八门，无所不包。

展览的魅力在于这座建筑物本身的工程设计，维多利亚时代的艺术和设计笨拙、古怪，而且给人以一种幽闭的恐怖感。不过倒是这维多利亚时代的工程设计激发了我们的想像力。究其原



因，建筑工程设计本身正是 19 世纪中期的主要艺术形式。水晶宫自身，而不是它里面容纳的东西，才是真正的艺术。

水晶宫出现之前的那个时代，桥梁的纤细设计已孕育了水晶宫设计方案的雏形，帕克斯顿只是给钢铁赋予更多的艺术内涵。传统的绘画和雕刻艺术已经成形，那时，艺术的殿堂就是钢铁的天堂。30 多年以后，埃菲尔铁塔在巴黎拔地而起，梵高和拉宾等人也开始给艺术以崭新的诠释。印象派画家开始创作新的作品，以便与钢铁建筑相匹敌。把印象派的作品弄到巴黎的奥尔塞博物馆也是再合适不过了，因为巴黎可以说是 19 世纪轻松明快的光和铁的驿站。

虽然水晶宫出乎意料地把我们的注意力集中到钢铁辉煌这一新兴艺术时代，我们的文化还是得到了铜的再塑。自从塞缪尔·莫尔斯让我们知道长途电报是可行的之后，我们很快在全国铺起了一张电报线的网络。最早铺成的是莫尔斯的纽约港水下电线。把电线铺到海底面临着许多难题，但是 1851 年，人们还是在英吉利海峡铺设了一条电报线——这是在莫尔斯第一次做电报演示 14 年之后。

1854 年，也就是 3 年后，一个名叫吉斯伯恩（Gisborne）的英国工程师求助于年轻的美国金融巨头塞鲁斯·菲尔德（Cyrus Field），商量铺设从美国到纽芬兰的地下电缆。菲尔德回家后经过仔细考虑，决定全力以赴铺好电缆。他建立了一个公司，计划把电报一直铺到英格兰。到纽芬兰的线路两年就完了工。水域相当浅，水底还有一层淤泥保护线路。

但是，在大西洋底铺设 3520 公里长的电缆时，遇到了很多的始料不及的难题。第一批电缆是铜线绞成的，外面包有古塔胶和焦油纤维使之绝缘，还用 48 万公里长的铁丝跟电缆拧在一块，保护电缆，这使得电缆直径约达 1.3 厘米，因此，当时没有哪艘轮船能一次装载 3520 公里长的电缆，所以只好让电缆在大洋中



部拼接。电缆断了两次，落入海底，拼接三次才成功，时间是1858年。

另一个难题是关于电压的问题，科学家和工程师对把信号传输这么远需要多大的电压各执己见，争论不休。最后主张输入高压电的一方占了上风，电缆高压最后定为2000伏的电路系统。运行一个月后，由于靠近爱尔兰海岸的某处电线受到损坏，致使电缆着火。电缆似乎得了欣快症。98个单词的信息，从维多利亚女王传输到布坎南总统那里，只用了17个小时。当电缆再次修接好时，纽约人欣喜若狂，在街上燃起了焰火表示庆贺。

电缆事故以后紧接着爆发了内战，这场战争致使恢复电缆工程的希望再次破灭，一直拖到1865年。接着第一个问题也解决了：大东方号作为客轮也许不够理想，但它却足以载运长4320公里，直径为2.54厘米的加厚高强度重5000吨的电缆。

电缆在1865年断裂了，但是一年后大东方号再次试接电缆取得了成功，不过，公众“一遭被蛇咬，十年怕井绳”，电缆第二次接好时，他们并没有表现出先前的激动，虽然这次用的电缆更结实，运行电压降低，并且在改变美欧关系上起了不可忽视的作用。^[4]其实，电缆的影响远不止这一点，可以说，电缆改变了地球上的生活方式。多年以后，威廉·萨拉扬（William Saroyan）在他的《人间喜剧》中写道：“把电报发到新泽西要花费多少？”最恰当的答案是：“价廉物美”。

此时法国在技术方面正在加紧追赶。1832年出生于第戎的亚历山大·G·埃菲尔（Alexandre Gustave Eiffel），曾在巴黎的艾卡莱师范大学接受过工程师培训，一个将要把他的祖国重新引领到高新技术舞台上的天才。早年的时候，他设计桥梁和高架路，后来改行从事建筑业。1893年，他参加兴建穿过巴拿马的运河未果。晚年的埃菲尔把精力转向20世纪的新技术——飞行技术，他设计了早期的风洞，但这些设计跟他设计的埃菲尔铁塔比起来，只



能算得上是雕虫小技，因为通过这座塔，埃菲尔向我们展示了史诗般辉煌的物质时代和钢铁对人类文明的巨大推动作用，这是史无前例的。

我们再看看他设计的另一座铁塔，这座塔比埃菲尔铁塔更为美国人所熟知，但首先让我们欣赏一下以他的名字命名的那座铁塔。这座富于野性，看似疯狂的铁塔是为了1889年在巴黎举行的革命胜利百年展览而修建的。直到今天，这座铁塔还是法国的标志性建筑物。提起巴黎，谁能不首先想到这座在巴黎市中心拔地而起，高300米的铁塔呢？当初，巴黎人听到埃菲尔铁塔要建在巴黎，无不感到担忧，甚至一些著名作家和画家还联名写了一篇宣言，反对修建，宣言称：

我们将尽我们的力量表示愤怒，进行抗议，抗议巨大的埃菲尔铁塔的修建。这一咄咄逼人的铁制品，这一丑陋的骷髅，即便是商业化的美国，也不能容忍它的存在。

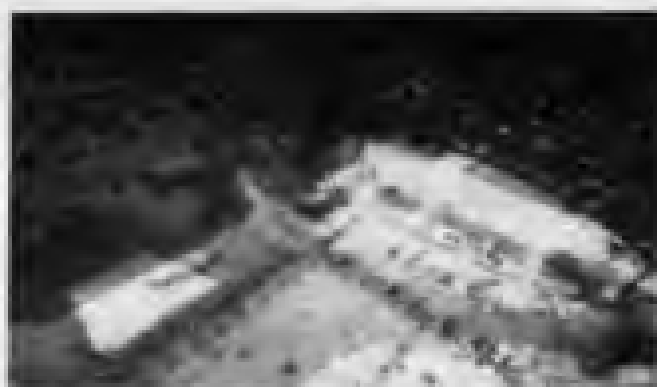
当埃菲尔铁塔巨兽于1889年的百年展览进行之际落成时，莫泊桑（Guy de Maupassant）称之为“铁梯的堆垒”，而莱昂·布罗依（Leon Bloy）则说，巴黎“无疑已经因为这座拔地而起的悲剧性的灯塔（埃菲尔铁塔）而陷入危险之中……因为它（埃菲尔铁塔）就像是灾难和绝望的灯塔”。

最终，这架可爱的钢铁“窗架”矗立于斯。她的结构是如此精细而优美，一座0.3米高的精确模型仅重9克！铁塔设计得多么优雅而经济。1919年，一位法国作家说：“天哪，她的设计者得对地球引力有多么准确的认识啊！”

新观点总是被视为异类而被疏远，不管它是多么的正确。因此，对于巴黎公众对埃菲尔铁塔的作出的自相矛盾的反应，人们不必惊诧。对埃菲尔来说，从一开始他便已平静地向世人阐释他



所从事的事业。他写道：“四根支柱从巨大的地基上拔地而起，联系它们的曲拱以及这些支柱将最终汇聚于一点，它们以其力与美的完美结合而给人以深刻的印象。”^[3]



埃菲尔铁塔内部全貌。从400米高处向下看，钢铁结构竟显得很纤细

巴黎宣言中所有针对商业化美国的言辞最后落了个极具讽刺意味

的下场。因为在此前5年，正是埃菲尔设计了他的另一座“铁塔”，也就是自由女神内部的支撑铁骨架。埃菲尔铁塔虽然雄伟，却并没有多少商业意味。一层轻柔而优雅的铜色外壳蒙在埃菲尔铁塔复杂而又不易明辨的骨架之上；然而，自由女神则是美国和法国人理想的象征，自由女神清楚地向法国和美国人阐释着他们对自由的热爱。埃菲尔铁塔并没有那种直接的象征意义，所追求的美学目的便是其结构本身，它只不过是一种纯粹的美罢了。埃菲尔采取了完全不同的两种方式，在两个国家留下了他的印记。二者之中，埃菲尔铁塔代表着未来：她不仅展示着一种关于美的全新理念，而且开启着一种全新的建筑风格——摩天大厦。

现在我们要关注的字眼是——摩天大厦！在我的孩提时代，41层的第一世界银行大厦比圣保罗（明尼苏达州首府）的其他任何建筑都高，那时，在我的心目中，它仿佛与天相接。

自19世纪90年代早期现代摩天大厦开始兴建以来，许多新兴技术已得到了集中应用。在建筑师跨出修建5层以上高楼这大胆的一步之前，必须要有人设计出一种合乎要求的升降机。同时还得有人认识到，建筑物的外壳只能建构在钢筋框架上。过去那种将金属外框建构于木质或泥砖框架上的做法已不能满足需要



了。与此同时还需要发明一种打造地基的全新技术，此外建筑物还要求设计得能够承受强大的风力。

摩天大厦可以说是 1871 年芝加哥大火后涅槃的凤凰。在这场大火之前，芝加哥建筑物的风格无拘无束且杂乱无章。在大火中被毁的 1.8 万多座建筑物大多是用木材和泥砖建成，只有少部分使用了钢铁外墙。芝加哥赖以生存的商业贸易在这场大火中几乎没有蒙受重大损失，出于经济利益的考虑，他们要求重新打造一座能够抵御火灾的钢铁架构的新芝加哥。同时，高效率地利用芝加哥市本已拥挤不堪的城区房地产也是一个要考虑的因素。

在重建芝加哥市的过程中，两个建筑流派交汇了：旧芝加哥式无拘无束的风格与一群接受过结构分析教育的设计者所代表的新风格。后一流派的代表大多来自国外，他们很明显都受了巴黎工学院的影响。虽然这两种风格并无共同之处，然而，在二者争执之中，一种建造钢铁架构高大建筑的新理念出现了——这种理念的实现必须基于复杂的工程分析之上。

这些新建筑物自然不能超越现有升降机所能将乘客载至的高度。虽然早在 19 世纪 30 年代液压升降机便已面世，但它们仍不能达到理想的高度。在 1857 年，艾里沙·奥迪茨（Elisha Otis）设计了一种安全的蒸汽动力升降机，但这种升降机要求有人在机下点火。随后电梯应运而生，解决了这一问题。1880 年在德国试用了第一台电梯。而在 19 世纪 90 年代初，应用控制系统最终使得电梯实际可用。

20 世纪初，高大建筑大多是 15 层高，不过，仅仅 30 年后，帝国大厦的高度就已经 7 倍于它了。而推动所有这一切的便是奥里尔莉夫人（Mrs. O'Leary）家里的那头广为传闻的奶牛（事实上这头奶牛很可能并没有踢倒主人家的油灯）。在那场大灾难之后，美国的城市面貌焕然一新——相比半新半旧的芝加哥来说，这是一只异常完美的凤凰。^[6]



如果说摩天大厦是美国英雄式建筑风格的典型的话，那么，桥梁便是另一个典型。对我而言，美国桥梁的历史始于肯塔基，始于一个离我原来的住所不远的地方。当时周日的下午，我常常携妻带子去位于肯塔基河上的旧桥游玩。根据桥上的记载，旧桥于1853年由土木工程师约翰·罗布林（John Roebling）设计并开工，荣获了三枚勋章。现存的大桥是后来依据全新的构想重建的。静谧的群山怀抱的宏伟的蛛网式钢铁建筑又一次深深地激发了罗布林的设计灵感，使他设计了其他一些桥梁。

在美国的土地上，罗布林的杰作星罗棋布。罗布林1806年出生于普鲁士。他曾在柏林学习过设计，也正是在那里，哲学家黑格尔告诉他，对所有厌烦了古老欧洲兵甲纷争的人来说，美国是一片充满希望的土地。罗布林深为所动，1831年移居美国。起初，他只是从事有关运河器械研究的工作，这份工作使他有机会发明了取代麻绳的钢缆绳。当时小型的悬索桥日趋流行，罗布林意识到，他的钢缆绳可能会使这些桥梁更加宏伟。他的第一份合同是在马洛加希勒河上建一座长500米的8孔桥。该座桥于1846年完工。

为罗布林确立声誉的是1855年竣工的尼亚加拉大瀑布上的悬索桥。此后，他又建造了俄亥俄河上的辛辛那提大桥——这是一座长330米的单孔桥。该桥于1866年竣工，至今仍在使用。当辛辛那提大桥尚在修建的时候，罗布林开始了他一生中最伟大的事业——修建一座从曼哈顿到布鲁克林，长达530米的单孔悬索桥。为此，他遭到了担心蒙受经济损失的渡船业者以及怀疑大桥



修建中的纽约市第一座摩天大楼，扁平（Flatiron）大厦，高87米，于1902年竣工



能否最终建成的市民的强烈反对。

到1869年，罗布林已经获得了财力支持，然而，在一次巡视工地时，他不幸被一个松动的桩子砸伤了脚，尔后，他死于破伤风。他的儿子华盛顿接替了他的工作。这的确是极其艰巨的工作，事故和伤亡接踵而来。1876年，华盛顿·罗布林不幸染上了使人麻痹的沉箱病。这种疾病是在东河上铺设栈桥使用沉箱时因人体承受的多种压力造成的。疾病使他失去了行走甚至语言能力，因此，他的妻子艾米莉承担了去工地现场指导的工作。到1883年大桥竣工时，华盛顿只能从他那位于布鲁克林高地的住宅凭窗远眺。他目睹了切斯特·阿瑟（Chester Arthur）总统和他的副总统，也就是立马继任者格罗弗·克里夫兰（Grover Cleveland）以及纽约市民们为庆祝这座世界上最长的悬索桥通车而举行的庆典。



约翰·罗布林设计的德拉瓦高架渠。Robert Vogel 提供

今天，布鲁克林大桥已成为标志性的建筑：它不仅体现着罗布林一家三口的远见卓识和坚强的毅力，展示其优美的设计，而且是19世纪钢铁建筑的一个典范。大桥拥有优雅的扇形十字支撑——这就是十足的罗布林的风格。毫无疑问，布鲁克林大桥和自由女神一样清楚地告诉人们——你已置身于纽约。在某种意义上说，其于纽约恰似埃菲尔铁塔之于巴黎。^[7]

纽约的另一座里程碑似的建筑并非建立在地表之上，但是，就其建筑规模，丝毫不逊色于布鲁克林大桥。这便是荷兰德隧道



(Holland Tunnel), 需要指出的是——有关它的故事与其他众多有关伟大工程设计的故事有着诸多相似之处。经过大抵如此：权威人士意识到公众的强烈要求，他们从战略上进行论证，希望找到解决问题的方案。此时，一个有远见卓识的人脱颖而出。他的方案比其他任何人所想象的都更为大气、更为大胆。后来，他说服了持怀疑态度的人并使工程步入正轨直至竣工。最终，他在其杰作完成之后去世，将其所展示出来的梦幻留给世人去品味。

无论是约翰·罗布林的布鲁克林大桥抑或伊萨姆巴德·布鲁内尔的大东方号；还是胡佛大坝、帕洛马天文望远镜乃至金门大桥，它们的修建过程都是如此。荷兰德隧道的历史也与此类似。1906年，随着人口的增长，曼哈顿岛上的人们发现他们需要增加供应渠道。于是，在长达13年的辩论之后，一位年轻的土木工程师，克里弗·荷兰德（Clifford Holland），被委托在哈得逊河下开掘一条高速隧道。然而，该隧道在1919年遇到了一个从未遇见的难题。这回是汽车自身带来的难题。每天有4万辆卡车和汽车通过这条隧道，因此，大量的二氧化碳必须得到及时处理。

荷兰德开始在哈得逊河下开凿两条直径为10米，长约3.2公里的隧道。该隧道最引人注目之处就在于它是全新的。荷兰德在其内设置了一个通风系统，这套装置可在1分钟内排尽废气，并及时补充11.32万立方米的新鲜空气。工程是如此巨大——他不仅要解决一连串的问题，创新技术，还要消除人们的各种疑虑。为了这项工程，荷兰德做出了巨大的牺牲。到1924年，当一切均已按他的计划进展时，他却因身心疲惫，不得不去疗养院休养，不幸的是心脏病在那里夺去了他年仅41岁的生命。

卡尔文·柯立芝（Calvin Coolidge）总统于1927年为这条隧道通车剪彩。之后的第一个星期天，有5.2万辆车通过隧道。现在，每天通过的车辆约为8万辆。而荷兰德设计中最具争议的通风系统，虽然最初设想的车流量只及现今的一半，却仍能轻松地



应付今天的交通。^[8]这似乎是一个老掉牙的故事，但我认为它并不陈旧，因为我们总是在期待一个又一个类似壮烈的故事，期待故事的主角用自我牺牲大胆地进行技术创新。这样的故事不断推陈出新，于是就有了许多值得我们敬佩的人们，下面让我们再来了解一位这样的英雄。

他就是艾尔伍德·米德 (Elwood Mead)，其成就是堰坝建造。技术往往是在以下二者中做跷跷板运动——一会儿征服改造自然，一会儿又向自然俯首帖耳。当我们努力去治理地球上水的时候，这种反应是很明显的。在古代，几乎没有什么技术能像灌溉那样深刻地触动人们的生活，甚至于改变地球的面貌。同样，干旱的尼罗河大峡谷只有得到除肆虐的洪水之外的水源的灌溉，伟大的埃及文明才能繁荣兴盛。

可以断定，美国西南部早期的居住者也只有把水引入农田后，他们才可能从游牧牛仔变成定居农民。但那时情况已经有了很大变化。首先，中世纪的工匠不仅能利用水来灌溉，而且能利用水来提供动力。尔后，在 19 世纪 20 年代和 30 年代，法国和美国的工匠又将中世纪的水车变革为现代的水力涡轮机，到 19 世纪中叶，人类对水的利用效率，已经与大型供电系统联系到一起了。

科罗拉多河在西部沙漠中蜿蜒 2880 公里，每秒流量达 56.6 立方米，因此，难免不立即引起了工程师的注意。1872 年，人们第一次勘察科罗拉多河。1901 年，工程师将很大的一部分水分流到加利福尼亚南部 4 余万公顷土地的帝国大峡谷。到 1905 年，这个曾经是沙漠的地方开始繁荣起来。然而，一场突如其来的洪水淹没了这个位于海平面下的河谷，所有城镇被毁。两年之后，才重新治理好这条河流。现在，人们已经非常清楚地认识到必须在科罗拉多河上修建一个巨大的堰坝和发电厂。

从 T·罗斯福 (Teddy Roosevelt) 开始，接连七届的总统任职



期内，国会一直在讨论这项工程，直到 20 世纪最伟大工程师之一的赫伯特·胡佛（Herbert Hoover）就任总统。他很快就为土木工程师艾尔伍德·米德开了“绿灯”。米德于是着手修建，大坝最初被称为石堰坝，是世界上当时最大的混凝土结构建筑物。直到大坝 1935 年竣工，米德一直是负责人，然而，就在它开通前一个月，他不幸去世。

这个堰坝很快被更名为胡佛大坝。而它的蓄水区，从 224 公里开外的内华达、亚利桑那开始，被称为米德湖。这个大坝不仅起着灌溉和防洪的作用，而且可同时提供 1434 兆瓦的电量。⁽⁹⁾自那以后，修建了规模更大的堰坝，但胡佛大坝却开启了美国巨大水力发电堰网络。同时，该堰也象征着辉煌的物质神话时代，因为我们可以清楚地看到，我们将自己的愿望强加于地球，同时拥有了强烈的主宰地球的意识。

我们今天，对规模的追求似乎已让步于一种全新的技术理念。虽然我们依然考虑规模的大与小，但更注重太空时代电子设备的超小型和高科技，你知道最大的陆上运输工具是什么呢？极具讽刺意味的是，答案直接和航天飞行有关。正确答案是为一次短程运输而专门设计的履带式运输车。它是美国国家航空与航天管理局为了将一架组装好的火箭和太空器械从 5~6 公里外的组装地运送到发射塔而专门设计的运送平台。

由于该运输工具的重要作用，我们将它视为一项工程创举，也是不为过的。它可以承载 5443 吨重的火箭和发射架，并使它们紧紧相贴而又保持完全垂直（偏离控制在 10° 以内），而实际偏离控制在 5° 以内。与专门的水运工具和铁路相比，履带式运输车可谓最佳选择。最后出现在人们面前的这种运输工具看上去简直是科幻创作。它长 39.9 米，宽 34.7 米，重 2722 吨。火箭、发射架以及整个运载平台设于四组双履带机上——每一组都相当于一辆“猎狗”汽车的大小。平台内部所设的柴油发动机组能提供



近乎6000千瓦的动力，其中包括为带动履带马达提供动力，为极精密的水准仪以及冷却系统和其他的内部装置的运作提供电力。

前往发射塔的途径需要11名受过良好训练的工作人员：1名驾驶员，4名从不同方位为驾驶员提供建议的观察员以及6名技术人员。空载时，该运输车能以每小时3.2公里的速度行驶，而当装载火箭时，则以每小时1.6公里的速度行驶。其燃料消耗约为每公里0.02升。



航空飞机在履带车协助下接近发射场，NASA授权

你认为会是谁制造了这头高科技巨兽？实际上，这种样式的运输车已经生产了两台并已在宇航计划中使用了几十年之久。然而，它并不是航天工业的产品，而是由俄亥俄州马瑞恩动力铲车制造公司制造的——这家公司在重型运输机械制造方面很有经验。在1967年这两辆履带运输车投入使用时，每台耗资1400万美元。^[10]

然而，航空飞机却与微型集成电路、微生态系统和微重力仪器紧密联系。航天飞机的巨大与其内设的微小之间的对比几乎达到了荒谬的地步。一个世纪前，人们所有的眼睛可能都会关注那台巨大的运输车——足有半个足球场那么大。然而现在，我们把注意力集中到人类驰骋的小领域中制造的微型仪器上。还会有谁关注那辆巨大的运输车呢？当今技术为人类开创了奇异的扑朔迷离的前景，为地球上最大的机器蒙上了缥缈的外衣。今天的巨大事物栖身于细微事物的展开，一层一层地向内探索，从分子一直到我们的仪器依稀可见却又难以置信的量子数据中。而这些大



设备的无比巨大的身躯却在我们的视野中消失了。

那种履带式运输车的确是布鲁内尔、埃菲尔和罗布林所开创的风格在 20 世纪的产物。现在，我们的注意力已经从 19 世纪宏大的钢铁建筑上转移到了对速度、空间和光的技术研究。火箭早已飞上了太空，而我们及履带式运输车却依然为地球引力所吸引。履带运输车让人们又一次想起了火箭自身的巨大：巨大的火箭在天宇消失——就在我们视野中目标变成一个金色的亮点。

-
- [1] K. Clark, 《文明：我的文明》(*Civilisation: A Personal View*, New York: Harper & Row, 1969), 第 13 章“辉煌的物质主义”。
- [2] 查阅 Le Corbusier, 《飞机》(*Aircraft*, New York: Universe Books, 1988)。
- [3] F. H. Steiner, 《钢铁建造：拿破仑式悖论》(“Building with Iron: A Napoleonic Controversy”, *Technology and Culture*, 22, 4[1981]: 700~724)。
- [4] J. R. Chiles, 《海底电缆》(“A Cable Under the Sea”, *American Heritage of Invention and Technology*, Fall 1987, 34~41)。
- [5] V. Barr, 《亚利山大·古斯塔夫·埃菲尔：一个建塔才子》(*Mechanical Engineering*, February 1992, 58~65); J. A. Kern, 《埃菲尔铁塔》(Paris: Editions Tel, 1950); M. P. Levy《结构与雕塑》，选自 J. H. Schaub 和 S. K. Dickison 编辑的《工程与人类》(*Engineering and Humanities*, Malabar, Fla: R. E. Krieger Pub. Co., 1987)第 3.3 节。
- [6] T. F. Peters, 《从芝加哥废墟中拔地而起的摩天大楼》(“The Rise of the Skyscraper from the Ashes of Chicago”, *American Heritage of Invention and Technology*, Fall 1987, 14~23)。
- [7] 参见 R. M. Vogel 所著的《罗伯琳的达拉威尔和哈德逊运河的水道》(*Roebing's Delaware & Hudson Canal Aqueducts*, Washington D. C.: Smithsonian Institution Press, 1971) 和《建造伯克林大桥：设计与施工》(*Building Brooklyn Bridge: The Design and Construction, 1867~1883*, Washington,



D. C. : Smithsonian Institution Press, 1983); R. M. Vogel, 《设计伯克林大桥》(*Annals of the New York Academy of Science*, 421(1983):3~39)。

[8] E. A. McKay, 《通向 New York 的隧道》("Tunneling to New York", *American Heritage of Invention and Technology*, Fall 1988, 22~31)。

[9] N. Sterling, 《胡佛大坝》("The Hoover Dam", *Wonders of Engineering*, Garden City, N. Y. : Doubleday and Company, Inc. , 1966. 113~125)。

[10] 1977 年 2 月 3 日, 在约翰·F·肯尼迪宇航中心举行的庆典上, NASA 履带运输车被美国机械工地学会(ASME)誉为“美国历史上机械工程的里程碑”。关于 ASME, 在那次庆典专门印刷的小册子里有详细说明。



第14章 谁是首创者

几年前，史密森博物馆的一个研究员对我说：“许多科学家和工程师在优先权方面简直是傻瓜。”于是，我才恍然大悟，懂得了傻瓜们的影响是多么的深远，优先权的概念是多么的荒谬。

比方说，究竟是谁第一个发明了电话？有人说不是亚历山大·格雷汉姆·贝尔（Alexander Graham Bell），而是一个德国人，名叫约翰·非立浦·瑞斯（Johann Philipp Reis）。不过，一般认为瑞斯发明的电话只是电话的雏形，其功能非常有限而贝尔的发明才是真正意义上的电话。1860年，瑞斯开始着手电话研究，那时他还只是个26岁的主讲科学的老师。他的想法来源于一位名叫布赫塞尔（Bourseul）的法国研究员写的一篇论文。1854年，布赫塞尔在他的文章里解释了如何用电流传输声音，他写道：

对着一个膜片讲话，使其振动从而接通或切断电流，由此产生的电脉冲引起另一个膜片振动，这样，就完成了声音的传输。^[1]

布赫塞尔的思想只有一点站不住脚。要传输声音，第一块膜片不应该接通或切断电流，而应该连续地改变电流，使之作用于另一个膜片。虽然瑞斯仍旧引用了布赫塞尔的术语“接通或阻断”，但事实上他用振动膜片带动一根细金属棒，改变其在电流



线圈中的位置。他的的确确连续地改变了电流，并没有接通或切断电流。

10年之后，当贝尔开始着手研究他的电话时，面临同样的问题。开始，他把一个由膜片驱动的针头插入水和酸的液体中，形成连续变化的电阻从而平滑地改变电流。贝尔的这个想法来自一个叫艾利沙·格雷（Elisha Gray）的美国人。这种液体池的办法显然有两点不足：一是液体的蒸发，二是无法移动。贝尔很快就放弃了这种方法，而采取了一种和瑞斯的电磁铁相似的装置。但是有一点很明显，即格雷的可变电阻池为贝尔指点迷津。

我们的另一个疑问是，贝尔是否受了瑞斯发明的影响。瑞斯死后两年，贝尔获得了专利（瑞斯只活到40岁，他一生都没为他的发明申请专利）。瑞斯电话里的振动膜片过于单薄，电话也过于复杂。有一家德国公司生产了一些这样的电话，其结果是每台电话效果大相径庭。有的性能很好，有的则无法传递声音。瑞斯曾在欧洲各地示范如何使用他的电话，包括他在苏格兰展示的那一种，恰巧那时，贝尔正在那里探望他的父亲。我们不知道贝尔当时是否亲眼目睹了那次展示，但他肯定不会对瑞斯的发明一无所知。

以上这些都无损贝尔的功绩。贝尔创造了一种性能可靠、能够实用和发展的电话，并以自己的人格魅力，将其出售给持怀疑态度的大众。但是，为了做到这一点，他做了所有发明家都做过的事，他的成功是集众人智慧于一身的结果，正如瑞斯的成果是建立在布赫塞尔的成就上一样。

电话发明的复杂历史清楚地告诉我们，“敢为人先”这一美誉是如何剥夺了众多奋斗者的荣誉，而只给了其中一人。事实上，我们要感谢布赫塞尔、瑞斯、格雷、贝尔以及其他许许多多的人们，因为伟大的发明总是众人努力的结晶，而不是某一个人的研究成果。或许我们按现在的方法来记录科学技术的发展历



史，是因为我们想给那些人披上一层古代英雄神话的色彩。有一本杜撰的名为《圣经外传》的书，里面有一段很精彩的文字，现摘录如下：

让我们歌颂那些志士仁人，
比如那些在自己的国度被暴政摧残的人们，
让我们歌颂那些慧心性灵，
比如那些谱下动听乐章，
又写下流传名篇的人们，
所有这些人都会在他们的时代备受崇敬。

然而就在同一段里，作者继而写到对发明的深层理解，一种更加现实，甚至可以说是有些令人感到酸楚的理解：

还有那些已逝的早已被后世遗忘的人们，
他们已在历史的长河遁迹销声，
他们的躯体在地下安息，
但愿他们能名垂青史，
他们的才智永被传颂。^{〔2〕}

我们不需要研究多么久远的科技史就会发现许许多多的无名英雄，他们没有留下什么记载，但这些人的功绩永存，比如，那些发明车轮、风车或犁耙的不知名的人们便是如此。

我们的记忆是由你自己创造的，这是一个很简单的道理。如果财富是我们追求的终极目标，那么财富便成为我们的记忆；如果名誉是我们追求的终极目标，那么我们的记忆可能就被名誉占据。看一看周围那些不为人知者发明的科技，那些让我们的世界变得美好的科技，我们脑中会闪现出汽车、削笔刀、插座、带活动翻板的桌子，以及草地喷灌器。我想我们应该能核实这些东西的发明者，只不过我们不愿这样做。这些发明者所给予我们的，远远胜过财富或墓碑。他们的发明给我们留下这样的印



象，即他们都是唐·吉珂德式的无私的人。

在第 3 章里，我们引用了工程学教育家勒韦林·鲍尔特告诫工程新生时说的话：“你们的智力产品才是你们所拥有的最宝贵的东西……你们必须用这些东西去做正确的事。”如果说有什么能够永存的话，那就是我们的智力产品，即便创造者不能给人留下什么回忆，而智力产品确实是我们拥有的最宝贵的东西。更为重要的是，这些产品也是我们最值得荣耀的东西。我们必须无私地奉献出来。

让我们再来追溯一些发明的起源，使那些不知名的发明者重见天日，让我们了解一些安息黄泉、默默无闻的人们的才智吧。从何说起呢？从蒸汽船开始是再合适不过了。在美国问一问是谁发明了蒸汽船，十有八九的人会说是罗伯特·富尔顿。富尔顿发明了蒸汽船已写入小学的教科书里。这在美国历史中是一个“既定事实”。

实际上，富尔顿所做的只是在仓库里发现了一台高效率的瓦特引擎，尔后，于 1807 年把它安装到一艘精心设计的船上。当时我们正把注意力从英格兰移开，开始严肃地考虑内陆的交通问题。我们内陆有一张巨大的运河网，通过这些河流可以直抵大陆的中心。富尔顿很快在商业上取得了成功。到 1807 年止，他有机会接触很多新的技术，于是那些在几年前还是不可能造出来的船，他轻而易举地就造好了。他取得的证书上并没有说他发明蒸汽船，而只是承认他的船是对 30 年前出现的蒸汽船的改进。

据我所知，是法国人成功地造出了第一艘蒸汽船，这还要从法国的两个军官说起。为了打发时光，这两人常在营地里谈论如何用蒸汽来驱动船只。叫孔德·奥克西伦（Comte d'Auxiron）的那个军官，1770 年退伍后，潜心研究这种船。到 1772 年，他终于说服法国政府破天荒地给他一个特许证，使他建成的那艘船可以运行 15 年。因此，奥克西伦在一艘船上安装了庞大的一种旧



式纽卡门蒸汽引擎。但这个引擎太重，把船都压沉了。之后，打了3年的官司，最后奥克西伦因中风而死。

奥克西伦的梦想差点儿就这样破灭了，但由于他当初开始研究船只时，一位年轻的贵族罗佛霍侯爵（Marquis de Jouffroy）因为卷入了一场决斗，被囚禁在塞纳河上圣玛格丽特岛的一座军事监狱中，也就是曾囚禁过大仲马著名小说《铁面人》里的主人公原型的那座监狱。在监禁的岁月里，他每天望着塞纳河上来往的船只苦思冥想，不禁想到了奥克西伦。

1775年罗佛霍获释后，他请教了奥克西伦及他的支持者们。但是不久他就发现他们选择的道路不对，于是便离开巴黎去了里昂。在那里，他建造了风格独特的纽卡门式引擎。1783年，他用一艘50米长的船在罗纳河上进行试航。在欢呼的人群前，这艘船行驶了15分钟，然后便经受不住引擎的震动，船体开始破裂。这时罗佛霍就把船弄到岸边，没人发觉船出了问题。他对欢呼的人群鞠躬致敬，然后向巴黎送去书面证词，以证实他的成功。经过长时间的辩论，法国科学院最终认定在巴黎失败的东西，绝不可能在里昂成功，因此拒绝给罗佛霍发证书。

后来，法国大革命爆发，罗佛霍被迫逃往国外，最终因贫困和失意而死。但是，他并没有真正失败。原本在他之后倒霉的应该是富尔顿，但在富尔顿之前，又发生了许多事。我们很有必要讲一下另一个更早的蒸汽船制造者的悲惨故事，他就是美国人约翰·费奇（John Fitch）。

费奇于1743年出生于康涅狄格州。他4岁时失去了母亲，父亲非常严厉苛刻。从一开始费奇就被世事的不公平和失落感所笼罩。8岁时，他被迫退学，开始在他所厌恶的农场里干活，用他自己的话说，他想学习几乎要想疯了。他最终逃了出去，干起了银匠活。美国大革命期间，他在俄亥俄河盆地效忠美国，后来被英国和印第安人抓为战俘关在狱中。就在罗佛霍对着塞纳河思忖



时，费奇也在俄亥俄河冥思苦想。1782年他回到宾夕法尼亚，对如何造船简直到了痴迷的程度，他要造一种用蒸汽驱动的船，在美国西部的河流中航行。

在1785年和1786年，费奇和建造者詹姆斯·拉姆齐（James Rumsey）相互竞争，四处筹集资金建造蒸汽船。拉姆齐是个办事有条不紊的人，他赢得了乔治·华盛顿及其新政府的支持。而费奇得到了私人资助，很快建造了一种集瓦特式与纽卡门式于一体的蒸汽引擎。经历了一个又一个的错误和失败后，他终于赶在拉姆齐之前造好了我们的第一艘蒸汽船。

那是一台很古怪的机器，由一组印第安独木舟船桨推动（见第7章）。但是到1790年夏天，费奇对船进行了改进，使之能载乘客往返于费城和特伦顿之间。那个夏天，它的航程达到4800公里，时速9—12公里，但在商业运营上却以失败告终。自然，没有什么人把它当回事。只是把这种船当作一个新鲜玩艺，或是特技表演。人们对于在西部河流上航行的愿望没有富尔顿时代那么强烈，而且费奇（或许是因为他的精神不太稳定）也未能取得足够的后续资助。

失败击垮了费奇。退休后他去了肯塔基州的巴茨镇，并与当地一家旅馆的老板达成协议，老板可以得到60.8公顷土地，条件是他提供给费奇住宿以及每天一品脱的威士忌，让他醉死为止。因为没有死成，费奇另加了60.8公顷土地，每天喝两品脱威士忌，两次未果之后，费奇便服用了大量的鸦片自杀了。大家一直都叫他疯子费奇，把他葬在镇中心广场的一条小路旁。1910年，美国革命后，他的女儿们在此处为他修建了



费奇的同乡的墓碑



墓碑，只不过是追认他为美国革命战争的一名老兵。^[3]

费奇所留下的就只是这些回忆了。他的模样经常萦绕在我的脑际：孤孤单单，烦恼缠身，头戴海狸色帽子，身穿黑色长礼服，常常是孩子们的笑柄，又无法相信自己的梦想将会实现。蒸汽船给他赢得的荣誉，远比他对自己的评价要多得多，因为在美国科技发展史上，是他为富尔顿创造了条件。费奇向人们展示了一点，即只要条件成熟后，推广以蒸汽为动力的船是完全可能的。

敢于冒险才能有开创性的成果。瓦特和富尔顿冒了很多风险，也获得了不小的成功，但要真正成功，还必须经历失败的洗礼。道理是今天失去的明天总能赢回来，前提是我们必须能从这些创造性的工作中获得快乐和自信才行。

电报又是谁发明的呢？寻找它的真正发明者，比追寻蒸汽船的发明者渊源更富有戏剧性。1837年，著名的美国画家塞缪尔·莫尔斯（Samuel Morse）组装了一套电报系统，但他最富创造性的贡献是他发明了以他的名字命名的电报码。

电报的种子早在莫尔斯之前的90年就已播种。1747年，一个叫威廉·沃森（William Watson）的英国人就曾宣称，电产生的信号可以通过电线来进行远距离传输，与此同时电流通过大地构成线路。1753年，一位名不见经传的作家在《苏格兰杂志》上发表了一篇文章，指出倘若利用一根26股的电线，每根代表不同的一个字母，那么远距离通讯是有可能实现的。于是各种各样的多股电线相继涌现，先是于1774年出现在瑞士，然后于1787年出现在法国，1798年传到西班牙。

一个名为勒萨热（LeSage）的法国发明家提出了另一种构想，即只用单根电线传送所有的字母，再根据代码来加以区分（先于莫尔斯大约60年）。但此后的数十年里，多股电线依旧没有完全消失。蓄电池的发明使得该行业得以迅速发展，有了蓄电池提供



的电，人们可以操纵各种各样的信息输出，比如磁信号或石蕊试纸特征上显示的颜色痕迹。1800~1837年莫尔斯发明电报这段时间内，有人研制出了许多不同的电报装置，其中很多还相当不错。

我们有必要问一下莫尔斯是怎样取得他的成就的。他的代码是当时最好的，他的装置具备了一切能成功进行商业运营的特征。不过，没有哪个特征有什么独到之处。莫尔斯善于从很多方面表达自我——艺术，发明，政治，摄影。他爱出风头，争强好胜，结果在这些领域先后卷入了争端。他在争取电报发明的专利时，所做的工作卓有成效。1854



摩德尔·莫尔斯 (1791
—1872)

年，最高法院判决，把大部分的电报专利使用费付给他。值得称颂的是，他死时是一个大慈善家。然而，我们的研究表明，电报的构想是1753年一个不知名的作家提出的。他/她的可贵之处在于，不仅提出了一个美妙的构想，而且把这一构想奉献给了全世界。^[4]

还有一位发明家我们不应在此忽视，他就是托马斯·爱迪生。我如果提起电灯泡，你一定会想到爱迪生。但用电发光这一构想同样在爱迪生之前很久就已有人提出了，到1800年，已有可以发光的灯泡了，这是爱迪生的发明之前80年左右的事了。两种电灯泡的竞争贯穿了整个19世纪。一种是白炽灯，电流通过灯丝时产生光，另一种是弧光灯。

著名的电化学家，汉弗莱·戴维 (Humphrey Davy) 可能是第一个发明了两种灯的人。1801年，22岁的戴维成为伦敦的新皇家学院的讲师。他是个令人称奇的演说家，他带演示的讲座很快就成为伦敦城的头号新闻，妇孺皆知。在1802年的一次讲课时，



他说他能使电流通过灯丝产生光，在 1809 年的一次授讲中，他对两个碳电击间的空隙施以高压，于是产生了第一盏弧光灯。

在英格兰，商业性的弧光灯装置 30 年后才出现。在很长一段时间里，弧光灯更多的只是用来展示，在现实生活中它并不实用。爱迪生涉足此行时，这些装置刚得到好评。同时在 1820 年，法国发明家德拉·路（de la Rue）把铂丝圈安放到一个抽成真空的玻璃管里，成功地制造了第一个白炽灯。1840 年，英国发明家格罗夫（Grove）用类似的设备给整个剧院照明，但这种灯光很昏暗，并且每度电要花几百英镑。

后来又出现了许多种白炽灯。1878 年，一个叫约瑟夫·斯旺（Joseph Swan）的英国发明家制造了一个抽成真空的全玻璃密封灯泡，以碳作为灯丝，这个灯泡比爱迪生早 3 年，并且他在爱迪生仿制他的发明之前，已申请到了专利保护权。1880 年爱迪生在哥伦比亚号蒸汽船上安置了一套完整的白炽灯装置，他制造的多种商用照明装置中，其灯泡的造价比别人的低廉，寿命也更长久，有效的电供应装置使他的系统得以完善。为说服斯旺，爱迪生干脆把他拉为商业伙伴。^[5]爱迪生的独到之处在于，他坚持不懈地改进前人的构想，并努力把自己的商品推向现代市场。

当今世界的许多伟大技术与英雄人物有关，汽车引擎就是人类心智的一台发动机，它的创造是许多人心智的结晶，而这些发明者已经湮没在人类历史的长河之中。第一辆以蒸汽为动力的陆上交通工具制造于 18 世纪。早期的发明家曾尝试着用发条或压缩空气来驱动汽车，在这之前有人制造出用风车驱动的汽车。列奥纳多·达·芬奇设计出了自供电汽车的草图，在远古时期，荷马也曾描述过类似的装置。

因此，让我们着重看一看内燃机驱动的汽车及真正投入运行的车辆。说到汽车，摘取桂冠的非卡尔·奔驰（Carl Benz）莫属。奔驰一直坚信内燃机的作用，并且投入全部精力制造内燃机驱动



的汽车。1885年他终于获得成功，并于1887年售出第一辆三轮汽车。1890年他根据四轮汽车模型生产了一些汽车，直到今天这种梅尔德斯-奔驰汽车依然很常见。

当然，奔驰并不是第一个真正的发明者。1862年，法国发明家博·德·侯夏（Beau de Rochas）竟然制造了第一辆汽车及驱动它的引擎。1864年奥地利人西格弗里德·马库斯（Siegfried Marcus）也发明了一套这样的装置。马库斯所制造的第二辆汽车很精致、很结实，当1950年奥地利人把这辆车从维也纳博物馆的一间地下室中拖出来时，发现它居然还能行驶。第二次世界大战期间，由于马库斯是犹太人，纳粹分子下令要毁掉他的车及其有关资料。为了使它免遭德国兵的毁坏，有人把它藏在一堵破墙后面并用砖垒上。

这些都是既俗气又很具讽刺意味的，德国人奔驰相信汽车是了不起的发明，而马库斯却不这么认为。1898年，马库斯作为一位尊贵的嘉宾客座奥地利汽车俱乐部。此时已年迈的马库斯却说设计汽车纯粹是对时间和精力的无谓浪费。

1826年，英国工程师塞缪尔·布朗（Samuel Brown）在伦敦将一种老式的纽卡门蒸汽引擎进行改造以燃烧气体，并以此获得动力驱动他的汽车爬上了伦敦的射手山（Shooter's Hill）。除此之外，我们再也找不到更早的有关内燃机的记录了。奔驰做到了所有前人都没做成的事业。历史学家詹姆士·弗林克（James Flink）揭示了其中的原因，那就是在奔驰制造出汽车之前，现代自行车已经出现。于是制造轻便的交通工具的技术便应运而生，更为重要的是它刺激了社会对个人交通工具的需求。这大概就是奔驰能够在第一辆汽车发明60多年后成功的原因吧。^[6]

我们着眼于内燃机的时候，鲁道夫·狄塞尔（Rudolf Diesel）设计发明的引擎却偏偏是争取发明优先权问题的一个荒唐反面对照物，因为狄塞尔认为自己是柴油发动机的真正的开山鼻祖。根



据历史学家林伍德·布赖恩特（Linwood Bryant）的说法，狄塞尔自认为是一个科技天才，是19世纪晚期的詹姆斯·瓦特。他既虚荣又过于敏感，同时还有一点偏执，所以他在同行之中很不得人心。

1912年，也就是他提出自己的设计构想后的20年，有四本有关引擎来龙去脉的书公诸于世，狄塞尔写了其中的一本，其他三本出自一心想贬低他成就的竞争者之手，布赖恩特认为狄塞尔对发明的看法是这场争论的导火线。狄塞尔认为一种装置的产生是一个线性的过程，先是提出发明构想，然后实践研究，最后是改进完善。狄塞尔留下了许多东西，清楚地记录了他所做的工作。毫无疑问，从1890~1893年他利用自己热力学方面的知识发明了他的引擎。在高压下燃料燃烧缓慢的观点显然是他提出来的。

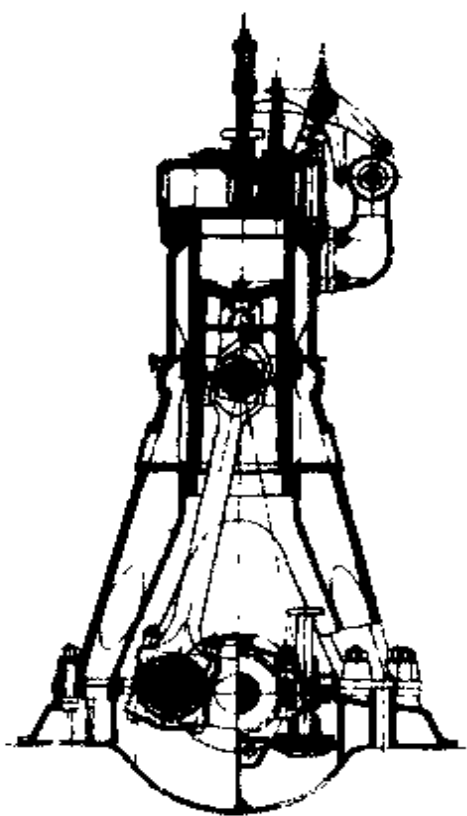
此外，他于1893~1897年在奥格斯堡机器厂工作时制造出了实用的引擎，这也是毋庸置疑的。在这一段时间内，他遇到了许多难以克服的问题，为了解决这些问题，他不得不进行大量的理论研究和发明。在狄塞尔看来，做这些工作时自己仍然是在发明引擎。但是局外人却把这段过程看成是改进的过程——这是任何人想要把一个好的构想变成实用的机器所必须做的苦力活儿。1897年，狄塞尔认为他已经完成了他的发明，打算推销它。但是他的引擎进入市场的准备太不充分了，于是他又进行了11年的改进和创新。同时，狄塞尔为了推销这台还不完善的引擎伤透脑筋，精神几乎崩溃了。

至此，引起1912年的那场争论的原因已经很清楚了。狄塞尔把他的研制过程看成是一个连续的发明过程，事实大多如此。但是，1897~1908年原本是使他的引擎具有市场价值的改进阶段，可他却把它看成是一个由能力较弱的人来处理的简单收尾工作。他嘲笑其他同行的工作，从而惹恼了他们。狄塞尔认识不到



正是其他许多优秀的工程师的创新思想，才使得他的引擎具有可行性。^[7]

由于狄塞尔在创造引擎过程中所扮演的角色，他受到了同行的批判，陷入到极度的苦恼之中。1913年他从一艘驶往英国的船上消失了，10天后，人们发现了他的尸体。他的死引起了不少骇人听闻的传闻，有人认为他密谋把秘密卖给英国人。但不管怎样，他显然是自杀的。和费奇一样，狄塞尔也是急于求成，贪图回报，而这回报又似乎距他非凡的成就那么遥远。这确实让我们不得不为他的荒诞逻辑掬一把同情之泪。



说到装有各式引擎的汽车，我们的思绪不禁回到了那段探索交通方式的恢弘的历史。关于这一点，让我们先看一下救护车的历史。普通人除非遇到紧急的时刻，一般不会考虑到如何运送病人或伤员，但是军队却必须考虑这一点，这也是军队率先创造这种专用车辆的原因。

征服者威廉一世的军队中有一辆早期的救护车，这其实是一副前后各由一匹马扛着的担架，伤员被置于一个有两根杆子支撑的封闭的车厢里，承受着令骨头散架的颠簸。关于各种不同的车厢和担架，在军事史的记录中都有记载，直到拿破仑时代的到来。1810年，一位法国军队的外科医生，多米尼克·拉雷（Dominique Larrey），发明了他所谓的飞行救护车。



拉雷设计的救护车是一种轻便的双轮马车，可载两个病人。它有坐垫，窗户和一些通风设备，在空旷的平原上行驶，乘坐者的确很舒服。伤员感觉自己就像是在飞一样，这就是上个世纪标准的军用救护车。随后救护车及其用途也步入了 20 世纪。为了更好地看清这一点，让我们去史密森博物馆看一看，那里存放着一辆看起来就像是西方老式的流动炊事车一样的救护车，车体方方正正，上面盖着帆布，车身上画着一个小小的红色十字架。

这辆救护车很重要，对此，让我们回过头来了解一下 1859 年的意大利的索浮里奥。在意大利统一过程中，爆发了那场已为人们淡忘的战争，差不多有 3 万名战士在战斗中丧生。战后，一位名叫琼·杜南（Jean Dunant）的瑞士人和其他的一些局外人士组织起来，帮助战斗中受伤的数以万计的法国、意大利和奥地利战士。他写了一本描述这次恐怖经历的书，并呼吁



克拉拉·巴顿，1821

—1912

建立一个舒缓战争痛苦的国际组织。由此，国际红十字协会于 1863 年诞生了，并把红白颜色相互调换后的瑞士国旗作为红十字会的标志。

几年以后，德国军队开始把红十字标志画到了马拉的救护车上，但是直到美西战争爆发后，红十字协会才首次使用了自己的救护车。1897 年，古巴人民奋起抗争西班牙的统治，克拉拉·巴顿（Clara Barton）——美国红十字协会的主席，要求麦金利（McKinley）总统帮助她为协会提供政府资助，以向古巴提供援助。但政府迟迟没有伸出援助之手，直到 1898 年，这场斗争一步步演变成了美国和西班牙之间的战争。

红十字会共筹集了 3.6 万美元的资金，大部分都花在了那 11 辆骡拉的救护车上。每辆车上有 4 个担架，其中两个收起来搬到



一起可以当做长凳用。驾驶座下还有一个水桶。这些救护车是由斯达德倍克公司制造的，那时这个公司还未开始生产汽车。11辆车中只有两辆投入使用，而且并不是在古巴，而是在波多黎各，在那儿，救护车发挥了作用。后来，克拉拉·巴顿发现军方甚至没有卸下那航运到古巴的救护车。

后来又有两辆救护车在纽约投入使用，一辆在佐治亚州的托马斯军营中发挥作用。战后，部队把这辆救护车运回给正在华盛顿的克拉拉·巴顿。后来，一个蔬菜贩子把它买了去。史密森博物馆于1962年找到了它，当他们把车修复后，发现车最初是漆上了普鲁士蓝和铬黄。^[8]

乍看起来，这辆简单的救护车并无特殊之处，然而它的意义却是不言而喻的。我们从中看到了简·杜南目睹索浮里奥惨剧后顿生的创意，看到了克拉拉·巴顿的超人的组织能力。这辆不起眼的四轮车代表了一个世界性救援组织的首次有意义的行动。就这个例子来说，现代救护车的前身，不仅仅在发明史上具有重大意义，同时在体现人类的同情心上也具有不可忽视的意义。

整个19世纪，发明的步伐加快了，到了那个非凡时代的末期，人们对优先权的追求转向了对质量的追求，现在，人们对产品最先关注的就是它的质量。莱诺整行铸排机的曲折故事就是一个很好的例子。从古登堡时代到一个多世纪以前，排字工人每次只能排一个字母。1822年左右，发明家开始尝试使这个缓慢的过程机械化。奥特玛·默根萨拉（Ottmar Mergenthaler）最后于1884年成功地研制出了他的莱诺整行铸排机。从那以后，使用莱诺整行铸排机的操作员排版速度是人工排版的5倍。不过历史学家朱迪斯·李（Judith Lee）给我们讲述了一位名叫詹姆士·佩奇（James Paige）的故事。他早在12年前就取得了他设计发明的佩奇排字机的专利权。1877年，他加入了法恩汉姆，该公司向其最著名的投资者马克·吐温请求资助，吐温对佩奇的机器很感兴趣，



于是他开始投资。到 1882 年，佩奇已经制造出了一台实用的排字机。

佩奇在设计他的机器时犯了两个细微而愚蠢的错误。其一是他不断强制自己去改进机器。直到 1887 年，他才做好准备去获得他们所生产的机器的专利，而此时莱诺整行铸排机却已经上市 3 年了。但佩奇始终坚信他的机器最好，因为他的排字机比莱诺整行铸排机要快 60%，他怎么可能输呢？

很久以来，马克·吐温对佩奇排字机一直看好。为了获得预期的一定比例的利润，他承担了主要的经济责任。然而，佩奇的第二个错误露出来了，佩奇排字机就像是一匹桀骜不驯的赛马，而莱诺整行铸排机却好似任劳任怨的马匹。根据佩奇的设计，他的机器运作起来就像人一样，明显是模仿了人的动作，但是默根萨拉设计时却完全摒弃了人的动作，他认为机器可以用不同的方式运作，所以他的莱诺整行铸排机更简单，更便宜，更容易维护，而且不容易出故障。机器对偏差的限制也不是那么严格。

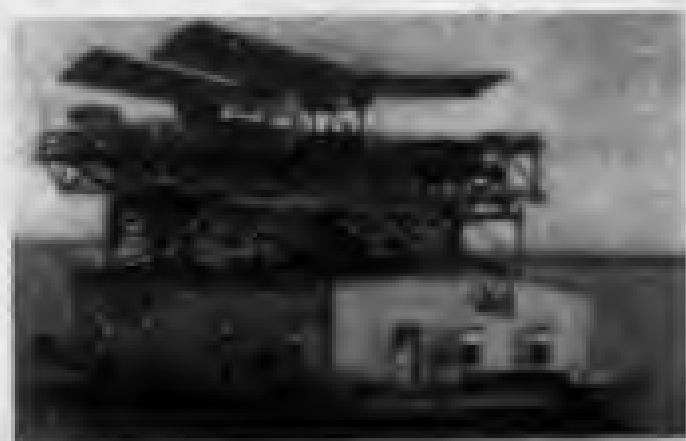
再者，佩奇排字机远比莱诺整行铸排机复杂，它有 1.8 万个零件。从根本上来说，佩奇排字机是因价格昂贵而失去了市场。到 1894 年，佩奇排字机在竞争中被彻底淘汰。此后，佩奇身无分文，穷困潦倒，死在一间破屋里，随后马克·吐温也宣告破产。吐温后来从这次经历中总结出两条教训：没有钱，你不要投资；有了钱，也不要投资。^[9]

幸存下来的一台佩奇排字机，目前存放在康涅狄格州的哈特福德市的马克·吐温纪念馆里。这是一台美妙的机器，同时该机器提醒人们好的设计不仅仅在于其性能，还必须结实耐用，便于操作。实实在在的简洁是设计任何东西首先必须考虑的。这样，制造和设计成为优先权问题的重要组成部分，其重要性丝毫不亚于原始的构想本身。机器的灵魂存在于在细节的方方面面。

19 世纪结束前夕，塞缪尔·皮尔伯恩特·兰利 (Samuel Pier-



point Langley) 以及莱特兄弟奥维尔和威尔伯同时着手制造发动机驱动的、可以驾驶的飞行器，再一次使我们进一步了解优先权之战的激烈程度。兰利的工作得到了政府的支持而且一直处于大众的关注之下。而莱特兄弟只是利用自己的资源悄然无息地进行研制。兰利于1903年10月7日进行了一次试飞，他那架18米长的飞行器有两片16米长的机翼，一片在前，一片在后。飞行器从波托马可河上的弹射台上发射出去，接着便如一袋水泥似的栽入河里。12月8日他又进行了一次试飞，这一次，飞行器还未飞出弹射台，它的后翼便破裂了。



兰利的建于房形船上的起落平台，选自《飞行的技术》(The Art of Flying, 1911)

9天之后，莱特兄弟在北卡罗莱纳州的基蒂霍克村驾驶一架小巧的双翼飞机进行了试飞，但这次试飞几乎无人知晓。莱特兄弟的优势在于他们已经很好地掌握了操作技巧，而且在研究之前，他们对风筝和滑翔机进行了4年精心的试验。这时政府中出现了一位有趣的人物——查尔斯·沃尔卡特(Charles Walcott)。他是兰利的一位老友，对兰利的资金来源起了很重要的作用。他于1906年成为史密森博物馆的主席，同年，兰利去世了。之后，沃尔卡特立即设立了兰利奖章，兰利飞行研究中心和兰利纪念馆。



1914年，他向正在和莱特兄弟争夺专利权的格伦·柯蒂斯（Glenn Curtiss）提供资金，让他重新改造兰利的飞行器，并展示给人们看——兰利的飞行器确实能飞。

接着，柯蒂斯开始着手工作。他加固了飞行器的结构，增加了操纵装置，改变了飞行器的造型，使之更符合空气动力学原理，并重置了它的重心。一句话，他使飞行器更适合飞行。1914年，他驾驶他的飞行器飞行了50米，返回后，他更换了那台旧发动机。靠着柯蒂斯对兰利的飞行器的完善，史密森博物馆尊兰利为发明能飞的飞行器的第一人。

1925年，奥维尔·莱特把他们最初设计的飞机——美国的国宝——于伦敦博物馆展出，最终引起了美国人民对他们事业的关注。1942年，博物馆秘书长查尔斯·艾博特（Charles Abbot）经史密森博物馆的批准，一篇文章初见报端，披露了兰利的飞行器经过改造的事实。对此，奥维尔的反应是让英国把他的飞机于战后送回史密森博物馆。奥维尔于1948年去世，11个月后，历史上第一架飞机飞回了美国，悬挂在史密森博物馆内，飞机下方的标签说明了莱特兄弟应该获得的荣誉。^[10]

今天，兰利的名字让美国国家航天航空总局、空军基地以及中央情报局倍添光彩。莱特兄弟也得到了公正的待遇。但是，飞机把我们载人太空，兰利功不可没，这已是不争的历史事实。

一旦我们找到了空中飞翔的方法，另一种优先权问题又冒了出来：飞行记录的争夺。毫无疑问，谁是飞越大西洋的第一人成为争夺的焦点。1927年林德伯格（Lindbergh）成功地完成了从纽约到巴黎的具有历史意义的持续飞行。其实，在此之前，已有好几十人飞越了大西洋。

1919年5月有人飞越大西洋，航线是从纽约到英国的普利茅斯。所用的飞行器是一架海军用的六人四引擎（NC-4）水上飞机。但这次飞行在亚速尔群岛和里斯本停歇了2次。同月，纽约



的雷蒙德·奥特格 (Raymond Orteig) 出资 2.5 万美元作为奖金，奖励率先从纽约不间断飞行到巴黎的飞行员。1 个月后，阿尔科克和布朗驾驶一架双引擎飞机，从纽芬兰的圣约翰不间断地飞到了爱尔兰的克利夫顿。

1919 年 7 月，一架英国飞机进行了一次从英国到新泽西的往返飞行。1922 年，两位葡萄牙飞行员，卡夫雷尔 (Cabral) 和库蒂科廷赫纳 (Coutinho)，驾驶一架单引擎的英国水上飞机从里斯本飞到了里约热内卢。这比林德伯格的航程还要长，但这次飞机有作弊行为，他们不仅仅停了一次——事实上，他们在大西洋的一个小岛上更换了飞机。1924 年，更多人尝试了纽约至英国的飞行，并且在这一年，一艘齐柏林式飞艇从 Friedrichshaven 飞至新泽西的莱克赫斯特 (Lakehurst)。后来，1927 年，共进行了 7 次驾驶比空气重的飞行器横穿大西洋的飞行，林德伯格是第三个冒险者。(他的飞行终于符合了获 Orteig 奖的条件。8 年来，那一奖项一直无人问津。)



第一架飞越大西洋的 NC-14 型飞机以及其飞行员
里得 (A.C. Road)，选自《世界知识》，1923 年

盛行的逆风使从欧洲至美国的飞行非常困难。直到 1932 年，才有人驾驶重于空气的飞机尝试由东至西的单独飞行，这位飞行员名叫詹姆斯·莫里森 (James Molleson)，他于 1936 年从爱尔兰飞



到了新布伦兹维克。之后，又有一位名叫贝里尔·马卡姆（Beryl Markham）的飞行员由东向西从英国飞抵加拿大的本土（在她的引人入胜的著作《深夜西行》中，她描写了这次经历）。^[11]

20 世纪 30 年代晚期，商业性的横穿大西洋飞行才开始出现，那时距莱特兄弟时代已有 35 年时间，距第一次横穿大西洋的飞行也过了近 20 年的时间了。但不管怎样，终究还是林德伯格的飞行引起了公众的关注，哪怕是看一眼他驾驶过的飞机也是值得的。林德伯格是一位很有毅力的飞行员，他最终从赖恩飞机公司找到了一位志同道合的飞机设计师，该人就是赖恩公司的老板。赖恩在两个月之内专门为林德伯格建造了圣路易斯精神号飞机。林德伯格被称为“幸运的林德”，看来他的部分运气来自于在恰当的时候找到了合适的工程师。

优先权问题扑朔迷离使人伤脑筋，托马斯·库恩（Thomas Kuhn）在他的那本有关科技发展的著作《科技革命的结构》一书中，对这个观点做了最好的阐述。库恩认为科技史上的革命性变化不是某一个天才的功劳，而是某些科学家通过综合其他同行的观点而形成的。对此，库恩举了一个有戏剧性效果的例子，那就是谁是第一个发现氧气的人。

空气中的氧气在物质燃烧时参与反应，这已是常识。但是，在 18 世纪，化学家却普遍认为燃烧的物质只是释放一种看不见的炽热的气体，名叫燃素。没有人想到燃烧和空气自身有关系。当时的科学家对燃烧中的活跃物质——占空气 1/5 的氧气——一无所知。氧气最终于 18 世纪 70 年代通过 3 个人的研究被确认为一种独立的元素。这 3 人一位是英国牧师普里斯特利（Priestley）；一位是法国化学家拉瓦锡；一位是瑞典化学家舍勒。

1774 年普里斯特利分离出氧气的时候，自己最初以为他发现了用作麻醉剂的笑气（一氧化二氮，因嗅入之初导致嬉笑，故名笑气）一年后，他确信从空气中分离出来的原来是燃素。与此同



时，拉瓦锡（他知道普里斯特利的研究）也分离出了氧气，但他却误认为那是非常纯净的空气。

两年以后，拉瓦锡认识到他实际上只是分离出了空气的一个成分，但是他认为这种成分只是在空气被加热时才存在。同时，瑞典的舍勒也一直在默默地工作着。他在拉瓦锡去世后不久出版了一本题为《空气与火》的书。基于自己的研究成果，舍勒在书中提出了氧气是空气一个独立元素的观点，这是在普里斯特利和拉瓦锡之前的事。

库恩用这个错综复杂的事例来改变我们有关优先权的概念。他认为为了荣誉而争吵只会掩盖发明的本质。普里斯特利分离出了氧气，却始终认为它是别的什么东西；拉瓦锡认识到氧气是空气的一部分却未能弄清它的本性；舍勒在这场争夺中发表自己的著作太迟。那么，我们应该把荣誉授予谁呢？是普里斯特利，拉瓦锡，抑或是舍勒？

科学家在未改变自己的整个物质观之前，没有一种对氧气的认识是可以接受的。普里斯特利发起的这场科技革命一直到30年后约翰·道尔顿（John Dalton）把氧编进原子学说后才完成。燃烧意味着原子的重组，这个观点当时对任何人来说是一个不易接受的思想飞越。对此，人们心存疑惑，直到突然有一天科学以崭新的面貌出现在人们面前。以我们今天的理解来说，氧气是看不到的，因此，氧气不是被发现的，而是一种新科学观念产生的结果。普里斯特利、拉瓦锡、舍勒和道尔顿都各自提出了新的见解，最终促成了一场科技革命。^[12]

工程学和工艺学的情况也大致如此。世界在不断地发展，新发明如雨后春笋般涌现出来。我们可以把这个或那个研究者定为名义上的发明者，但这只是为了简便起见。许多给我们带来新技术的人被人们淡忘了，我们主观地选择了一些英雄，并让他们来代表那些集体智慧。无论我们纪念爱迪生、贝尔，还是纪念莫尔



斯和富尔顿，不是因为他们比你我优秀，而是因为他们总结了他人的研究成果，这些研究如果选择你我去做的话也能胜任。这些历史随意选择的英雄总结了无数像你我一样的人早已做过的事，得出自己的结论，就这样反反复复地推动我们人类社会发展到今天。

-
- [1] L. Coc 所著的《电话及其几位发明者》(*Telephone and Its Several Inventors*, Jefferson, N. C.: McFarland & Company, Inc., 1995)。
- [2] 作者不详,《耶稣智慧书》(*The Book of Ecclesiasticus*),第44章,第1节。
- [3] J. T. Flexner,《蒸汽船的出现》(*Steamboats Come True*, Boston: Little Brown and Company, 1978)第2版。
- [4] G. R. M. Garratt,《电报》("Telegraphy"),选自 C. Singer, E. J. Holmyard, and A. R. Hall, T. I. Williams 编辑的 *A History of Technology* 第四卷 C. 1750 ~ 1850 (New York: Oxford University Press, 1958, 644 - 671)。
- [5] 很多地方提到过电灯的发明历史。《不列颠大百科全书》(*Encyclopaedia Britannica*)中“照明”一章给出了比较全面的归纳。
- [6] J. J. Flink,《汽车技术的革命》("Innovation in Automotive Technology", *American Scientist* 73[1985]:151 ~ 161)
- [7] 参见: L. Bryant,《柴油机的发展》("The Development of the Diesel Engine", *Technology and Culture*, 17, 3[1976]:423 ~ 446; A. P. Chalkley,《陆用和船用柴油机》(*Diesel Engines for Land and Marine Work*, New York: D. Van Nostrand Company, 1917), Dr. Rudolf Diesel 写了其中介绍性的一章。
- [8] H. R. Collins,《历史科技博物馆中的 1898 年红十字救护车》(*Red Cross Ambulance of 1898 in the Museum of History and Technology*, Washington, D. C.: Smithsonian Institution, 1965); T. W. van Beck,《救护车的 1100 年历史》("The 1100 Year History of the Ambulance", *The American Funeral*



- Director*, May 1992, 44 ~ 63)。
- [9] J. Y. Lee 所著的《对一次惊人失败的剖析》(“Anatomy of a Fascinating Failure”, *American Heritage of Invention and Technology*, summer 1987, 55 ~ 60)。
- [10] T. D. Crouch 所著的《莱特兄弟和史密森博物馆的夙怨》(“The Feud Between the Wright Brothers and the Smithsonian”, *American Heritage of Invention and Technology*, spring 1987, 34 ~ 46); E. Angelucci, 《民用飞行器世界百科全书:从里昂纳多·达·芬奇至当代的科学家》(*World Encyclopedia of Civil Aircraft: From Leonardo da Vinci to the Present*, New York: Crown Publishers, 1982)。
- [11] B. Markham 所著的《深夜西行》(*West with the Night*, San Francisco: North Point Press, 1983)。
- [12] T. S. Kuhn, 《科技革命的结构》(*The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University of Chicago Press, 1970)。



第 15 章 失败总是接踵而至

读一读技术史，就会发现一个残酷的怪圈重复浮现。这正应了一句谚语，即“成功的捷径是失败，成功最大的敌人是成功本身”。我的一位搞土木工程的同事杰克·马特森（Jack Matson）充分领略到这一句话的现实意义，便大胆地推举一种明智型速败新概念。他说，如果我们一开始就过一遍所有能想到的为达到目的可能犯的错误，甚至是愚蠢的错误，那么我们的创造力就会翻一番。这种过程一来能够增强我们的做事勇气，二来能够在可能范围内给我们以指导。另一方面，成功却不能使我们看清楚错误的本质。往往使我们自以为是；忘乎所以，因而，在很大程度上，成功把我们几乎赤裸裸地暴露在失败面前。^{〔1〕}

我在第 9 章的结尾已提及这一观点，现在让我们更细致地看看。有一个关于三座桥的故事，它能充分揭示成功与失败是怎样相互依存、相互作用。亨利·佩特罗斯基（Henry Petroski）把我们带回到从爱丁堡到丹地的一段旅程。15 公里长的铁路，在 1870 年得花上半天时间。旅客中途需乘船渡过斜穿苏格兰的两个峡湾，即北海的两条支流泰河的港湾和福斯河的港湾。那时，英国工程师托马斯·包奇（Thomas Bouch）说服资助人，计划在两条河口上分别架桥。

横跨泰河河口，首先建起了一座 3.2 公里长的大桥。1877



年，最后一个桥洞完工，这座 85 孔桥成为当时世界上最长的一座大桥。维多利亚女王因此而为包奇授爵。然而灾难却接踵而来。1879 年，泰桥倒塌，导致 75 人死亡。经费缩减使得这座大桥经不起大风，4 个月后，包奇在羞辱中离开人世。到 1881 年，泰桥重建，其构架既笨重又缺乏美感。人们开始将眼光转向福斯河口上的第二座桥的修建。

福斯桥计划横跨水面宽 1.6 公里处的河口，但河口上仅有一处浅水域可供修建主桥墩。这就是说主桥将建在两个跨距 0.8 公里长的桥孔上。这一工程将如何开展呢？工程师本杰明·贝克在（Benjamin Baker）广泛征求意见之后，决定采用一种新的悬臂结构，并以一个三角架作为支撑，悬臂从两端伸出，托住中间的桥孔。这在 1881 年是一次工程学的彻底革新。贝克的大桥建成了，是大量钢管的一个完美组合。

第三座桥建在加拿大。正当包奇和贝克致力于架设爱丁堡和丹地之间的桥梁之际，美国的一位年轻的桥梁设计师西奥多·库珀（Theodore Cooper）一直在跟踪工程的进展并从中学到许多东西。当第一座泰桥倒塌时，48 岁的库珀已经是一位经验丰富的设计师了。当时，他刚在纽约开办了一



19 世纪 20 年代福斯河口桥的立体摄影

家设计咨询公司。库珀以其工作的严谨而出名。他清楚自己不能像包奇那样马虎，也深谙暗使自己处于行业前列之道。

1887 年，贝克的福斯河河口桥在修建时，加拿大政府也正开始着手在魁北克省的圣劳伦斯河上架桥。圣劳伦斯河也很宽阔，



将加拿大东部一分为二。和贝克一样，库珀也设计了一座悬臂桥。然而多年的成功使他相信，即使节省用料，也同样可以修建一座好桥。魁北克桥设计轻巧，是有史以来最长的一座悬臂桥。到1907年，精巧的悬梁已横跨在274米宽的水面上，中间没有任何桥墩作支撑。

当时库珀已经68岁，是美国著名桥梁设计师，早就满足于坐在纽约的办公室里通过电报指导工作。当有人告诉他桥梁在弯曲变形时，他却未能及时采取有效措施。一条桥臂折断了，导致73名工人丧生。^[2]历史在这里重演了——在危险的关头，人们已经忘记了成功与失败交替出现的怪圈。今天，三个河口上都建有桥梁，然而，惟有在灾难的警示下建起来的，符合最基本的建筑原理的福斯河口桥没有倒塌过——三座桥中也惟有这一座是在这个可怕的循环怪圈的有利的环节中建成的。

工程师们总是陷入这一怪圈。4500年前，巴比伦人就已制定了一部有关技术事故的法律（公元前18世纪汉谟拉比统治时期，这部法典的一部分被刻在一根大铁柱上。这根铁柱于1901年被重新发掘出来）。在这部所谓的《汉谟拉比法典》中，很少提及对谋杀罪的惩罚，而对任何技术失误者却要给予严厉的惩罚。如果外科医生手术失败，他将被砍掉一只手。如果房屋倒塌，负责建房的泥水匠将受到惩罚，其惩罚的轻重则依事故造成的伤害而定：如果屋主人不幸丧生，那么泥水匠也要被处死；如果主人的儿子死了，泥水匠的儿子也得死，依此类推。这部法典可不只是用来吓唬人的，它详细列出了各种各样的刑罚：截肢、刺字、淹溺、作祭、为奴……所有的惩罚都是非常残忍的。^[3]

在技术密集的今天，人们在如何确保不出问题上比2000年前所面临的困难更大。我们不再因技术失败砍去外科医生的双手，或者处死工程师之子，现代技术比古代完善得多。每年死于建筑倒塌事故的人只占建筑工人总数的千万分之一。千百万的美



国人乘坐飞机旅行，而飞机事故发生的几率可说极小。

现代人确保安全的那些因素已完全不同于汉谟拉比法典那个时代。现代社会依赖技术而生存，因而必须允许一定程度的冒险。保证绝对的安全，只会剥夺现代技术的生命力，使它裹足不前。如果有人对我说起零失误或零误差，我会觉得那是过分挑剔。我们所要做的是确定一个可以接受的冒险度，惩罚那些因鲁莽不慎而导致事故的工程师和医生。

当然，我们几乎很难完全公正地处理好这个关系。我们易于接受常见的事故，对于不熟悉的技术却往往会提出过高的标准。20世纪以来，我们对吸烟所导致的不治之症、煤井事故、酒后驾驶造成的死亡已司空见惯，而对核能之类几乎未曾导致伤亡的技术却极为苛刻。

我们必须对冒险有一个比较清醒的认识。砍掉发明家的双手之类的惩罚对技术进步从来都是毫无意义的。与此同时，我们又不能对新技术可能带来的危险掉以轻心。我们不可能用汉谟拉比式的条文来维持平衡，但这个复杂的世界又需要一种平衡。潜在的问题就是技术水平与我们必须知道的东西之间存在逐渐增大的差距。我们的脑袋里填满了技术信息，有的是正确的，有的是极不正确的，还有的仅仅是囿于认识的局限于无意之间偏离了轨道。

一个机械工告诉我说：我的车子内部的一个机件因结晶而出现故障，因为金属会由于疲劳过度而导致边缘结晶。每次故障出现时，人们都可以看见它的内部一直存在着一个晶体结构。金属的结晶，我认为也许并不能造成什么危害，但如果知道了金属的基本结构并不会因老化而结晶这一点，对我们是有帮助的。

更让我担心的是眼科医生认为我应该做激光手术。他解释说激光带有光和热，而事实上，激光用于视网膜手术正因为它不带任何热量。激光束的能量就在于它是一种纯净的聚合光束。激光



直接穿透眼液，在打到视网膜上时才转变成热能，热辐射被眼液所吸收。如果激光真正带有热能的话，这种能量将会被眼球，而不是视网膜所吸收，其后果令人不寒而栗。

从卖铝板和防雨窗的老板那儿，我们也会听到类似的错误说法，试想一下，如果任何一本物理书是建立在这种理论之上的话，那会是多么的荒谬。可这又能怪谁呢？在我的——本关于热传递的书中，我讲了一个类似的离奇的故事作为一个章节的开头。故事是这样的：

我还是小孩子的时候，冬天实在是冷！冷得把一杯热咖啡端到户外，咖啡也会马上结冰。我的意思是咖啡冻结得太快，快到还未冷却就已结冰。这才叫寒冷！

有人直盯着我说：“哎呀，能那么冷吗？”我便开始为我的错误说法而懊悔。^[4]

我们生活在一个技术密集的世界。我们人类智慧的产物无处不在，而我们自身对于这些智慧机制的基本工作原理却知之甚少。每个公民最好能了解一下电流和水流的原理以及化学反应和汽车的内部结构的基本常识，因为不了解这个世界，我们就无法应付这个世界，就无法在这个世界上很好地生活。我们都听过有人用权威性的口吻说热水比冷水更容易结冰，或是防风玻璃能让热量只进不出。如果我们连去验证一下这类说法的能力都没有，那可就麻烦了。没有人能知道我们想知道的一切，但我们至少得学会适当地对周围人试图告诉我们的事情心存疑虑，没有一定的知识是做不到这一点的。

让我们看看物质世界中一个奇妙而又极其重要的属性，其中交织着安全与危险、成功与失败等种种矛盾，而且常常会影响我们的直觉，这就是需要严肃对待的稳定性问题。为理解“稳定性”这一概念，我们来做一个小小的实验。首先，让一支长铅笔



直立手指尖上保持它的平衡，然后（我估计你很难能做到），再把手立起来，并使铅笔始终保持平衡。这恰恰就是火箭发射时所要做的平衡工作。主喷口推动火箭向上；小喷口则向两侧喷气，当火箭开始翻转时，小喷口中的一个便开始向外喷射，使火箭恢复平衡，就像我们移动手指使铅笔恢复平衡一样。

上升过程中的火箭是个极不稳定的系统，如果完全只靠自身的装置，而不借助外力，火箭会很容易坠落。小时候制作飞机模型时，我便知道了，有的设计是稳定的，而有的则是不稳定的。一种第一次世界大战时的双翼飞机模型摆放在我的博古架上非常漂亮，然而如果没有飞行员控制它来保持其平衡，那么，这种飞机一起飞就会熄火、尾旋下降或者以其他方式坠毁。相反，滑翔机或 Piper Cubs 小型飞机模型，我一放飞，它们就能飞得很棒。

在飞行史上，飞机设计师对飞机的稳定性有许多截然不同的观点。19 世纪的大多数制造商都在努力发明稳定性高的飞行器，可他们没人如愿以偿。而莱特兄弟的飞机是不稳定的。他们知道制作飞行器的关键并不是使飞机稳定，而是使飞机能够受到控制。

莱特兄弟的优势在于他们制造过自行车，因而他们清楚行驶中的自行车是不稳定的——只要骑车人一停止操纵就会摔倒。然而，只要略微用力，通过不断地操纵，自行车就能行驶得很好。第一次世界大战中双翼飞机核心就是它的不稳定性。正是这种不稳定性决定了这些能飞的带盒子的旧式鸢有极高的可操纵性。任何一架稳定性高的飞机都无法完成急上升方向变换或殷麦曼翻转。^①直到 20 世纪 30 年代，飞机才开始投入用于商业运营，设计师才开始对飞机的稳定性问题有了更多的兴趣。把需要时时刻刻

^① 殷麦曼翻转，又名半筋斗翻转，由德国飞行员殷麦曼首创的一种特技规定动作而命名。——译者注



专心致志精确操纵的飞机用于商业飞行是极其危险的，因此，在现代喷气机出现之前，设计商用飞机都要求它保证稳定性。现代喷气机极不稳定，但由于它自身装有一套复杂的控制装置，从而给飞行员一种十分稳定的感觉，就这样，飞机的设计又回到了需要大量操纵的不稳定性飞机的设计思路上来，但此时要求飞行员做的，却只是完成少量的操纵而已。

1934年1月，3名前苏联人打破了美国人气球飞行的最高记录（3名飞行员也因此而丧生），这是前苏联第一次被载人飞行史册。此前一年，斯大林高度重视著名俄罗斯设计家图波列夫（Tupolev）的研究工作。图波列夫当时正在研制一种长距离飞行器。到1938年前苏联宣称他们已创造了飞行距离、高度以及其他各项第一的记录共68项。尤其引人注目的记录是1937年从莫斯科到加利福尼亚的圣杰西多的一次1万公里的极地飞行。每次飞行前，斯大林都去接见飞行员，与他们讨论飞机的情况，并通过媒体表示对他们安全的关注，在镁光灯的光环中，他前去迎接返航的飞机。与此同时，在镁光灯的背后，丧钟也响起，两起事故紧接着发生了。

第一件事开始动摇了前苏联在技术上的领先地位。1939年，一架飞机从莫斯科飞往纽约，意欲作一次破记录的飞行。飞机本该赶在纽约世贸会开幕时到达，可它却在加拿大的约布朗斯威克坠毁，其飞行员最终随一架美国救援飞机抵达纽约。

在西班牙内战中，前苏联遭受了更大的失败。这次战争是第二次世界大战前德国和前苏联检验其军工实力的一场重要战争。到1937年事态的发展已非常明朗：前苏联为创造长距离和高海拔记录所设计的飞机根本无法与德国的战机相匹敌。前苏联笨重的长距离飞机飞行稳定，而德国飞机如所有不稳定飞机一样，不稳定但拥有很高的速度和灵活性。斯大林的反应是运用他的汉谟拉比法典——将图波列夫及其他近五百名飞机设计师投入监狱。



在短期内前苏联的航空工业有了很大的发展，然而，自斯大林开始干涉工程师的思想和自由设计以来，俄国的航空业就再也无法恢复元气了。^[5]

大西洋此岸，类似的错误也正在上演。“二战”前夕，战事正在酝酿之中，美国的空军亟需大量的飞机，因而军队转向汽车公司寻求帮助。1941年通用公司开始制造B-29轰炸机的部件，福特公司开始在杨柳道办厂制造B-24解放者轰炸机。接着，通用公司又聘请了P-40的设计者唐·柏林（Don Berlin）。P-40是美国在中国执行任务的飞虎队曾使用过的一种战斗机。

到那时候，飞机实际上还是靠手工制造。历史学家I·B·霍利（I.B.Holley）说过最大的飞机制造公司制造3架飞机需要1天，而汽车制造者要造出3辆汽车却只需1分钟。而如何才能使一架高性能飞机的设计适应批量生产模式，亨利·福特（Henry Ford）作为当事人之一，对这一问题的难度缺乏正确的认识。他大言不惭地声称，只要从政府的繁文缛节中解放出来，他就能一天造出1000多架飞机。不幸的是，正像第12章中雕级猎潜艇的故事一样，其结局也与雕级猎潜艇的结局如出一辙。

唐·柏林带到空军的飞机设计融会了飞机设计的技术和通用公司批量生产的特点。他展示了一种新型战斗机的设计方案——XP-75。根据设计，该战斗机将胜过试验机型，同时他还将避免了试验机型存在的许多问题。唐·柏林的设计很简单，就是运用其他飞机上最好的部件来装配：P-40的机翼、A-24的尾翼、P-47的起落架，等等。

正像皮格马利翁（Pygmalion）或弗兰肯斯坦（Frankenstein）等怪物，XP-75的所有部件都是最完美的，不幸的是XP-75的结局也在很多方面类似于弗兰肯斯坦，酷似一个巨大的怪物，XP-75型飞机从一开始就无法与专用飞机的设计相匹敌。而空军司令部却坚信这一头巨兽一定会成功，因而他们着手研制，并将其



投入到大批量生产之中。1944年，整个研究项目报废，900万美元的投资付之东流，这在当时可是一大笔钱！^[6]

切记！设计师必须在其设计的各个部件之间寻求一种和谐，也就是说，他必须把他的设计作为一个整体来考虑。索菲亚·罗兰（Sophia Loren）曾经说过，她自己的五官都有点儿问题，诸如鼻子形状不行，嘴巴太大之类。然而从整体效果上看，谁又能说她不美呢？只有各个组成部分完美地形成一个整体，那才算得上是好的设计。XP-75型飞机只不过是各个完美部件的集合，而从总体上说，并不是一架完美的飞机。

美国早期卫星探索者1号的制作过程也涉及有关稳定性、失败和政府干涉等问题。世界上最早的两颗人造卫星是前苏联的卫星1号和卫星2号。这两颗卫星于1957年10月和11月相继升空。我们的探索者1号是第三颗人造卫星，于1958年1月发射上天。两颗前苏联卫星近似于球形，而探索者1号却像铅笔那样又长又瘦。

按照设计，探索者1号该像铅笔绕铅芯旋转那样，绕其中线旋转；而绝不能像飞机的螺旋桨或风车的叶片那样首尾相接翻跟头。从技术上来说，绕着铅芯旋转的铅笔处于惯性最小的状态，而风车式旋转的铅笔则处在惯性最大的状态，因而旋转速度要小得多。

斯坦福大学一位名叫罗纳德·布雷斯韦尔（Ronald Bracewell）的射电天文学家通过跟踪研究第一颗前苏联人造卫星指出，该卫星以最大惯性的方式旋转，因为天线的弯曲，卫星耗费了一部分旋转的能量。这使得任何不处于最大惯性状态的旋转都变得不



探索者1号（国家航空和宇宙航行局所提供）



稳定，最终导致其旋转方式的改变，但这对于近似球形的前苏联卫星来说却没有什么影响。布雷斯韦尔了解这一运行原理是由于宏观物体都是这样运行的。他清楚，探索者Ⅰ号的旋转将会是不稳定的，而探索者Ⅰ号的设计者们却不清楚这一点。这就导致卫星很快就在太空中翻转并随即作风叶式旋转。这就像一枚钱币的旋转一样。硬币开始时绕某一直径旋转，然后，随着能量的消耗，旋转变得平缓，逐渐接近水平，像转盘那样旋转。

因此布雷斯韦尔打电话到喷气推进实验室想给工程师们提个醒。可是安全部的负责人却不让他与工程师们通话。他不得已只好在公开的学术刊物上发表论文阐述自己的观点，然而直到探索者Ⅰ号发射7个月后论文才发表出来。发射之后，探索者Ⅰ号仅仅进入了一次地球轨道，然后便翻转了，此后，就在空中作风叶式旋转。^[7]

要是在今天的互联网时代，布雷斯韦尔故事的结局也许会迥然不同。同样的故事还发生在美国无线电公司另外一个叫兰登的工程师身上。探索者Ⅰ号发射前，兰登曾在·一本未出版的实验笔记中阐述了探索者Ⅰ号的不稳定性。当然，未能自由交流的信息根本不能叫做信息。我想，技术保密肯定有其合理性，然而，请不要忘记，保密也是技术进步的大敌：创新、自由和学术公开往往相伴而行。

柏林墙倒塌之前，一位前苏联工程师曾指出美国的计算机技术领先于前苏联的原因。他说，一旦美国研制出一种领先技术，前苏联就千方百计模仿这一技术。他们总能通过各种各样的渠道进入美国的安全系统。然而，在制度的强制下玩着模仿的游戏，不相信自己人的发明天赋，只会落入一个陷阱，就是他们的技术注定总要落后于他们的对手一步。

由于一时的成功，美国人过分骄傲，对他人之见不理不睬，因而，几乎可以说成功蕴藏着对人们生命的巨大毁灭。就像我们



看到的那样，一种骄傲导致了魁北克桥的倒塌；另一种骄傲使前苏联的空军实力大打折扣；骄傲又使得美国人在 XP-75 型飞机上徒劳无益。如果政府安全部的负责人不那么刚愎自用，如果他乐意听取意见的话，那么探索者 1 号的失败是完全可以避免的。

另一起可怕的事故发生在 1981 年的夏天，一天，堪萨斯州哈特里根斯市宾馆中的悬空式走廊突然倒塌。如果这一旅馆的建设者相互听取意见的话，这起事故也是可以避免的。灾难突然降临时，过周末的人们正在大厅里随着大乐队的音乐翩翩起舞。一部分人在底楼，一部分人在宾馆大厅上方的三条拥挤的走廊上散步。其中两条走廊突然塌下，导致 114 人丧生，200 多人受伤。

按照 20 世纪的思维模式，首要的事就是明确事故的责任人——谁有权以怎样的名义起诉谁。美国国家标准局于一年后提呈了 1 个长达 300 页的报告。该报告指出，这些人都是些好人，只是由于自以为是，犯下了 3 个小错误，从而导致了事故的发生。生根在钢铁臂上的走廊从天花板上坠落下来，在大厅的一侧，对称悬挂的另一条悬挂走廊也坠落下来。

根据最初设计，这两条走廊应该安装在同一根铁杆上。在设计这一阶段，就已经出现了两个错误，但任何一个错误都不至于导致灭顶之灾。第一个错误是铁臂的设计不符合建筑法则。但一项重要分析指出，尽管这一设计不符合建筑法规，铁臂依然是安全的。第二个错误似乎只是一个细节问题。设计师们没有说清楚铁臂在走廊经过的地方应该怎样勾住走廊。

承建者又愚蠢地犯了一个判断上的错误。为了解决如何勾住走廊的问题，他没有使用一条完整的铁臂，而是简单地在安装一条铁臂后，又在走廊的横梁间紧靠第一条铁杆处装上第二条铁臂。改动很小，但却导致了一场悲剧。这样一改，就使横梁上的某处必须承受双倍的压力。这一影响本该不大，就是工程系大二的学生也完全有能力进行这一运算（1988 年，休斯敦大学的一名



应用力学教授让这些学生计算分割铁臂将导致的压力变化，作为他们的一项家庭作业)。

这样，在极度超负荷的情况下，上面的一条走廊出现故障，致使两条走廊同时坍塌，铁条、水泥、走廊上的人一股脑砸向下面跳舞的人群。^[8]那一刻实在是太可怕了。然而，如果不是这一连串的错误莫名其妙的凑在一起，这样的事故也不至于发生。一想到在执行某一工程时要有那么多的人参与其中，共同承担这份重任时，我总会有些不寒而栗。同时，让人宽慰的是在我们的设计系统中，安全性本是很高的。如果不是这么多的错误一环扣着一环，也不会导致这一可怕事故的发生。

就这样，一次又一次地成功产生自满，自满带来失败；失败产生谨慎，谨慎导致对细节的关注，对细节的关注又带来成功；成功产生骄傲，骄傲导致反应迟钝，反应迟钝导致虚妄，虚妄导致疏忽，疏忽带来失败；失败导致灵魂脆弱，灵魂脆弱又产生谨慎……

对任何科技专家来说，要避开这个循环都需要有惊人的意志力。但还是有人做到了，还是有许多人，即使在成功面前，也能保持谨慎。

-
- [1] J. V. Matson, 《创新的艺术：智能速败法的运用》(*The Art of Innovation: Using Intelligent Fast Failure*, University Park, Penn.: Pennsylvania State University, 1991); J. V. Matson, 《怎样成功地失败》(*How to Fail Successfully*, Houston, Tex.: Dynamo Publishing Co., 1991)。
- [2] H. Petroski, 《筑梦工程师：大桥的建筑者与美国的形成》(*Engineers of Dreams: Great Bridge Builders and the Spanning of America*, New York: Alfred A. Knopf, 1995)第3章。



- [3]《Chilperic Edwards 发现的汉谟拉比法典、西奈立法以及 Susa 古巴比伦碑铭诠释》, Port Washington, New York: Kennikat Press, 1971。
- [4]我在 J. Lienhard 的《热传递教程》(*A Heat Transfer Textbook*, Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1987, 第 2 版, 第 153 页)中吹了这个关于结冰的牛皮大话。
- [5]K. E. Bailes, 《技术与合理性: 19 世纪 30 年代的苏联航空技术与斯大林主义》(“Technology and Legitimacy: Soviet Aviation and Stalinism in the 1930s”, *Technology and Culture*, 17, 1[1976]: 55~81)。
- [6]I. B. Holley Jr., 《底特律战斗机批量生产之梦的破灭: XP-75 的惨败》(“A Detroit Dream of Mass-Produced Fighter Aircraft: the XP-75 Fiasco”, *Technology and Culture*, 28, 3[1987]: 578~593); 关于 XP-75 战斗机的其他信息, 见 B. Yenne, 《世界上最失败的机型》(*The World's Worst Aircraft*, New York: Barnes & Noble Books, 1987, 66~67)。
- [7]P. Likens, 《飞机动态与控制——飞机早期发展之我见》(“Spacecraft Attitude Dynamics and Control—A Personal Perspective on Early Developments”), 该文为应邀美国航空学与太空航空学学院讲座底稿 (1985)。
- [8]Hyatt 悬空走廊事故, 见 H. Petroski, 《工程师的难免之厄: 成功设计中的失败角色》(*To Engineer is Human: The Role of the Failure in Successful Design*, New York: St. Martin's Press, 1985)。



第 16 章 科技与文学

技术是交流的一种方式。正因为这样，技术不仅在文学作品中得到了体现，而且技术还将人类引入另一领域，使得人与人之间无需言语，便可不断地交流。如果有朋友问你，怎样从休斯敦到达底特律，也许你会依次地列出去那里的各条公路和各个路口，也许你会准备好一张地图，也许你根本就没有这样做，只是做了些抽象的事情，譬如，告诉她驾车去底特律会有什么样的感受，并介绍沿途所看到的景物。

不过，底特律的工程师会采取另一方式来回答你的朋友。他们设计了人们出行时驾驶的汽车来创造难忘的旅行经验，他们赋予它形式和内容。那些工程师会用设计出来的汽车向你讲述他们心目中不俗的想法。比如，汽车的优良质地，行驶时的美妙感受，优美的造型，以及汽车进入你的生活带给你的方便和舒适并于不动声色中所塑造的生活——所有的这些，设计者会简明扼要地告诉你。

这类事情也曾戏剧性地降临在我和妻子身上，至今记忆犹新。那天，我们看到了一张适合她的电脑桌，但需要自己组装。由于那张电脑桌运输装卸时被铲车损坏了一点，因而，标价非常低。该电脑桌由 3 个部分组成，体积庞大。结构复杂，还附带了长达 10 页的组装说明书，装好电脑桌，不是件容易的事儿。我



们把装有电脑桌的箱子搬回家，打开之时才发现说明书已经不翼而飞了。该如何将这 30 多条预先裁制好的木条以及数以百计的金属和塑料配件组装起来呢？我们没有头绪了。

起初，我们不知从何着手。后来，我想直接向设计者咨询。过后又想，为何不仔细观察各个配件之间的逻辑关系呢？为何这个部件要这样切割、这样凿孔呢？为何有些配件附有细小的横梁，而有些却没有呢？最后，我们搬开了枯燥乏味、令人费解的说明书，根据各个配件之间表现出来的逻辑关系，仔细琢磨，慢慢装配起来。我们按照设计者的思路组装配件，感觉设计者正手把手地教我们。组装工作进行得相当顺利，我不禁对这位不知名的设计者产生了由衷的敬佩之情，因为他设计的电脑桌不仅格调高雅，而且风格朴实。

我们非常高兴能拥有其他非语言的交流方式，譬如图片交流、音乐交流和肢体语言交流等等。不过，相比之下，技术是我们现实生活中最广泛的交流方式。在日常生活中，技术清晰而又直接地同我们交谈。不过，有时技术会贪婪无比、见利忘义。一方面，好的技术就是美的化身，就是井然有序，卓越的发明家常常被一种想与人类共同分享他的远见卓识的冲动所驱使。另一方面，技术总或多或少在我们的作品中得到折射，有时这种折射是显而易见的。譬如，在罗伯特·普里西格（Robert Prisig）的《摩托车保养的艺术和诀窍》^[1]一书中，我们不难看到这一点。然而，有时却并非如此。譬如很少有人知道，是亨利·戴维·梭罗（Henry Davy Thoreau）撰写了《土木工程师》，也很少有人知道正是他使得美国铅笔生产工艺日臻完善。^[2]

你瞧，在分工高度精细化、专业化的现代社会，由于写作风格行事方式的不同，我们已经人为地将知识分子严格地分为从事文学创作者和科技发明者。我最初为这组系列广播节目撰稿时，这条界限还清晰地印在我的脑海中，但是，在随后的几年里，这



条界限逐渐难以寻觅。而如今，我竟然怀疑最初为什么会那么想。当然，这条界线从我工作起始，便逐渐地消失在本章之前的广播中。随着这些手稿的日渐完成，这条界线也在日渐消失。1988年，我仍旧以一名工程师的目光透过那道篱笆，观察那个与现在迥异的世界。而今，我以一名创作者的目光观察世界，那道篱笆再也无法找到了，因为历史的进程已经十分清晰地显示，文字创作和科技发明之间的差别真是微乎其微。

这一点，早已在浪漫派诗人诠释产业革命时，就表达得十分清楚。那时，人类正迈向 19 世纪，一群激进的知识分子向我们警示：人类必须将自身置于思想、机器和自然界相互平衡之中。你要是在 1981 年看过《火之战车》（*Chariots of Fire*）这部影片，一定会深有感触。也许，你没有注意到该片的主题歌，然而，正是这首歌的几行歌词，道出了这部影片的主旨。下面这首诗的词句均出自于威廉·布莱克（William Blake）的颂诗《弥尔顿》，在这首诗中，布莱克似乎将工业革命比喻成人类的恶魔。诗是这样写的：

在缀满乌云的山顶，
生长着人类面庞的上帝不正在发出万丈光芒？
那些黑暗的撒旦磨坊，
怎能将圣城耶路撒冷掩藏？

1787 年，罗伯特·彭斯（Robert Burns）第一次看到凯伦炼铁厂的烟火时，也发表了类似的感慨。他在一块肮脏的玻璃窗上，如实地写下了这么几行诗：

我们来到此地观访你的工作，
一心希望能同你一样圣明，
可是，除非我们偕同抵达地狱，
我们的愿望才不会化为泡影。



浪漫派诗人欲将自然界的狂野纳入诗之中。但是，自然界远不是看上去的那么美丽，因为自然界里似乎处处充满敌意，而生命只是在为了维持可怜的健康躯体而苦苦挣扎。现在，新兴的工厂为人类生活的舒适提供了更为丰富的物质和营养。然而，同时，这些工厂也剥夺了英国产业革命前放牧式和田园式的恬淡生活。正因为这样，诗人和艺术家已开始将田园式的生活描述得完全变了样。譬如沃尔特·司各特（Walter Scott）爵士眼中的自然界虽然是异常美丽，但同时也是最原始最黑暗的，令人望而生畏的哥德式的怪物。有诗为证：“别了，森林和野生的乔木；别了，湍急的溪流和滔天的洪水。”波西·B·雪莱（Percy Bysshe Shelley）这位年轻而又彻底的浪漫主义诗人，对自然界怀有深深的同情，也有诗为证：“森林和峡谷透蕴着神的祝福，林中小屋里荡漾着夏日凉风。”

恶魔般的磨坊以无情的烟火和冷冰冰钢铁影响了司各特和雪莱对自然的看法。而且威廉·布莱克曾经也说过：“没有人的自然是荒芜的。”他认识到了，我们应该为找回自然界肩负全部的责任。布莱克的赞美诗是这样结尾的：

赐予我灿灿金弓，
赐予我欲望之箭，
赐予我长矛！呵，乌云已将大地罩笼。
赐予我战车，向前！

我绝不停止思想斗争，
我绝不让手中的长剑歇息，
除非英格兰绿色的田野上，
圣城耶路撒冷已经建起。^[3]

布莱克这位人类命运敏锐的洞察者，勾画出了我们人类的责任。在为人类建造适宜的生存环境而进行的思想斗争中，我们绝



不能临阵脱逃。布莱克请求赐予他弓、箭、长矛和战车时，他是在请求赐予他建造那个世界所必需的器具。也就是说，布莱克是在全副武装地进行着思想斗争。他已经意识到了，从现在开始，我们只有运用聪明才智，自然才会在烈火和魔坊中保持它原有的光辉。

毫无疑问，在人类对新兴工业世界剖析之中，玛丽·雪莱（Mary Shelley）的剖析最为可怕。我永远也不会忘记第一次与她恐怖小说中的主人公维克托·弗兰肯斯坦（Victor Frankenstein）所做的怪物相接触的情景。记得我13岁那年的一个夜晚，我刚观看完《弗兰肯斯坦遭遇狼人》，急急忙忙地往家赶。那的确是个凄冷的夜晚，一轮满月挂在半空，光秃秃的树枝在寒风中摇曳。跟你讲实话，我当时害怕得要死。

为什么弗兰肯斯坦的故事在我们当中有如此大的魔力呢？为什么它远比电影上的任何一幕更令人难以忘怀呢？玛丽·戈德温（Mary Godwin）嫁给了浪漫主义诗人雪莱之前，也就是1816年夏天，她和雪莱以及一些拜伦勋爵（Lord Byron）反工业文明派的忠实追随者，在瑞士与拜伦共度假期，在此期间，她完成这部著作。那时，玛丽才19岁，她是著名女权运动者玛丽·沃尔斯通克拉夫特（Mary Wollstonecraft）与无政府主义理论家威廉·戈德温（William Godwin）的女儿。拜伦、雪莱与玛丽商议着要创作出一部现代歌德式的小说，并约定他们每人完成这样一部作品。然而，结果只有玛丽创作了这么一部作品——《弗兰肯斯坦，或现代的普罗米修斯》。

玛丽如此年轻，却为我们塑造出一个具有如此魔力的文学形象，这实在令人惊讶。但是，这部著作毕竟来自知识分子的温床，是他们对科学和工业化作用所予以的极大关注的产物。玛丽·雪莱作品中的主角维克托·弗兰肯斯坦一开始就向我们倾诉：“我迈着十分不情愿的步子，走近了哲学教授M·克里姆普（M.



Krempe)。他性格粗野，但又为科学深深着迷。”克里姆普指导弗兰肯斯坦学习，而弗兰肯斯坦却凭着浮士德般的激情追求知识，将自己置身于可怕的生活奥秘之中。生活的奥秘是什么呢？也许，它像富兰克林（Franklin）、伏特（Volta）、戴维（Davy）和法拉第（Faraday）的新电学一样，神秘莫测，不为我们所理解。弗兰肯斯坦的杰作，我指的是他制造出来的那个怪物，不仅比弗兰肯斯坦聪明，能说会道，而且还比弗兰肯斯坦更能够感受到生命的苦楚。毕竟，它是在弗兰肯斯坦的智慧和创造冲动下创造的怪物，但是，即使这个怪物有着弗兰肯斯坦的才智和敏锐，却只会怪诞地模仿他而已。就这点而言，弗兰肯斯坦和他制造出来的怪物在精神上是一脉相通的。^[4]

玛丽·雪莱以非常严谨的态度论述了她所处时代的科学技术。她已经对科学如痴如醉。在随后的日子里，她为戴奥尼索斯·德拉纳（Dionysius Lardner）牧师的《分类百科全书》撰写了许多著名科学家的传记。她通过小说中主角，弗兰肯斯坦，表达出了自己对新科技潜在危险的忧虑。她感到我们每个人的身上，都有一个怪物在作祟——这个怪物跟维克托·弗兰肯斯坦被科学技术搅得焦头烂额而释放出来的怪物没什么两样。并且，从这个怪物身上，我们能察觉怪物制造者的苦闷。幸好，科学家神志大都非常清醒。雪莱的故事告诫人们，如果我们放弃了使我们保持清醒的原则，我们就会偏离出于好奇而进行的探索，从而误入歧途给人类带来深重的灾难。

科学被误用，并不是始于雪莱夫人，尽管她小说中的怪物是原创的。试想一下你非常熟悉的情形：楼下面狭小的实验室里，光线灰暗，到处摆放着气泡状的种种液态物质，以及稀奇古怪的玻璃仪器和神秘莫测的电动装置。在这样的环境下工作的科学家孤独、朴实，却又常常刚愎自用。他自称科研是出自人道主义目的，但是与此同时，他又被自身的兽性所驱使，做出一些不人道



的事情。以上所描述的情形，已将这类头脑狂热的科学家，刻画得淋漓尽致。我们绝不能认为这种情形只存在于流行的科幻小说中而熟视无睹。要知道我们如果放松警惕，这类头脑狂热科学家就会再次出现。我们不得不扪心自问，这个头脑狂热的科学家究竟来自何处？他的出现究竟意味着什么？

现实生活中，也确实存在类似浮士德式的科学家。文学作品中浮士德的原型是 16 世纪早期的一个德国魔术师。他常常神出鬼没，四处捣乱惹事。他曾在英格斯塔德城市里出现过，而该市也正是玛丽·雪莱剧作中主角维克托·弗兰肯斯坦的出生地。叙述者从民间拾起浮士德这个人物的种种传奇故事，用新教运动时期的语言，重新塑造了他的形象。我们所熟悉的那位为了追求知识而将灵魂出卖给魔鬼的浮士德，以崭新的艺术形象，出现在 1607 年克里斯托夫·马洛（Christopher Marlowe）的作品《浮士德博士的悲剧历史》中。与此同时，人们认识到了，现代科学和技术总是相伴相随的（见第 5 章）。

200 年以后，玛丽·雪莱塑造了一个比浮士德更为深刻和复杂的艺术形象——维克托·弗兰肯斯坦。维克托·弗兰肯斯坦不仅拥有丰富的知识，而且他还具有理解生命，甚至创造新生命的本领。浮士德有使用魔法的邪恶力量，而维克托·弗兰肯斯坦却凭借电化学这种工具，直奔地狱。后来，到了 19 世纪，浮士德式的技术专家取代浮士德式的头脑狂热科学家发明了催眠术，也发现了新的神秘的新辐源——X 射线和镭元素。19 世纪末至 20 世纪初期，浮士德式的技术专家取代了浮士德式的科学家，他们当中的代表人物是奈缪船长（Captain Nemo）和佛鲁茨·朗（Frutz Lang）——他们都是电影《大都市》的制作者，而《大都市》讲述的是一个适宜拍成电影的令人神往的机器城的故事。现在，很自然地，通常是坐在生物实验室里，浮士德式的狂热科学家与计算机结下了不解之缘。



每一次科学发明和技术革新，都会给我们带来了新的忧虑，使我们担心仅凭我们的力量，无法控制新事物。每一项新科技发明背后，必定有着一个浮士德式的科学家或者维克托·弗兰肯斯坦式的科学家，或者具有一些新特性的狂热科学家。罗伯特·刘易斯·史蒂文森（Robert Louis Stevenson）便讲述了另一个故事：在性情温和的杰基尔博士（Dr. Jekyll）失去对知识的控制后，怪物海德先生（Mr. Hyde）便从他的身上诞生了。杰基尔和海德的行为触动了我们身上的某些天性，而这些天性又都能被我们本能地理解。浮士德式的狂热科学家虽然只能出现在科幻小说中，但是，我们如果不能像控制自己一样，牢牢地控制住以科学为基础的技术，这类科学家便会在现实生活中出现。从这些狂热的科学家身上，我们能发现人性的阴暗面，而那些描写此类科学家的文学作品的意图，就在于提醒我们要警惕我们自身潜在的邪恶的天性。

维克托·弗兰肯斯坦创造出了跟自己几乎完全一样的怪物，换句话说，人类是在试图复制人类自身。就在玛丽·雪莱谈到自己杰作维克托·弗兰肯斯坦之后不久，又一个怪物呱呱坠地。但是，这次情形不同，人类试图复制自己的思维方式。查尔斯·巴比奇是人类历史的第一个力求模仿人类大脑思维模式，制造出了一台程序计算机的人，这种计算机又名分析器。巴比奇熟悉浪漫派晚期的一些诗人和作家，也曾读过他们的一些作品，并且还经常以书信形式，与他们交流过思想。基于以上原因，我敢断定，他在提出要制造第一台分析器之时，从这些诗人和作家的丰富想像力中汲取了灵感。因而，他与艾达·拜伦（Ada Byron）之间友谊深厚，这就不足为奇了。

拜伦勋爵的女儿艾达于1815年诞生之时，拜伦便为她写下这么两行诗句：“我的孩子，你的容貌酷似你的母亲！艾达，你是家庭和我心中惟一的宝贝。”事实上，当时拜伦已经同他夫人



分居了。虽然他非常爱女儿艾达，但没有申请对艾达的监护权。艾达年幼胆小，体弱多病，头脑却异常敏锐，分析能力很强。她想长大后当一名数学家。她的这个理想显然是受拜伦夫人的影响，因为盛气凌人的拜伦夫人也酷爱数学。拜伦就曾经对自己夫人这种嗜好大加挖苦，戏称她为“平行四边形王国的公主”。

艾达 17 岁那年，在一次去伦敦的途中遇上了巴比奇。当时巴比奇已年满 41 周岁，是著名的数学家。年龄上的差距，并没有妨碍他们之间的思想交流。几年之后，虽然艾达同拉夫莱斯 (Lord Lovelace) 结为伉俪，但仍然在巴比奇的指导下，继续学习数学。

那时候，巴比奇已经开始研究分析器了。这是一项伟大的发明创造，因为构成现代电脑的基本要素在他所要研制的机器中，均能找到。虽然巴比奇的研究最终因未能解决与这种机器物理型状有关的一些难题而搁浅，他因此也未能制造出人类历史上第一台计算机，但是他在设计计算机运行规律这一方面，取得了相当大的进展，后世的计算机设计者都基本采纳他为计算机运行而设计的方案。巴比奇足足领先了他所处的时代一百多年。

巴比奇请求艾达写一篇文章描述他设计的计算机的运行原理和功效。艾达答应了他，并于 1984 年将她的文章发表在刊物《泰勒科学论文集》上。她在那篇文章中为巴比奇设计的计算机作出了七条评论。那时候，她年仅 27 岁，但是她对计算机概念和用途的见解，同 20 世纪后期的人们极为相似。她在一条最著名的评述中，这么写道：

分析器（计算机）完全不能创造新事物，但是却能按我们的指令工作。分析器具有按程序设计分析事物的能力，却不能对任何新生的事物作出准确的判断。分析器只是按我们所设计的程序，为我们提供帮助。



几年之后，艾达死于子宫颈癌，但是，人们并没有忘记她。1980年，在纪念她诞辰165周年的那一天，美国的国防部公布了一种功能非常强的计算机语言，并以她的名字命名。绝大多数的计算机语言（除著名的帕斯卡语言外），都是采取计算机语言的首字母缩略法命名的，惟有艾达语言是例外。即便如此，对于她这样一位对未来的新生事物独具慧眼的杰出人物而言，也只能算是微不足道的奖赏。

还值得一提的是，我从一条有巴比奇和艾达关系的脚注中得知了这样一件趣事。在艾达·拜伦发表评论分析器的一年之后，有人写文章批评丁尼生（Tennyson）的诗歌。伊丽莎白·巴蕾特（Elizabeth Barrett）看完文章后，义愤填膺。她在给罗伯特·勃朗宁（Robert Browning）的一封信中写道：

这样一位优秀的诗人，不应该将某些人的无知评价放在心上……这跟巴比奇在设计他的计算机时，不应当接受我的浅识陋见一样。^[5]

从这里我们可以看出，那些科学家和作家都非常清楚，他们的作品有着千丝万缕的联系。他们在创作过程中，难免不相互交流思想，相互引用对方作品中的内容。

这并不只是19世纪所特有的现象，我还能从20世纪现实生活中找出许多类似的例子。但是，现在让我举出我最喜欢的例子。你可能读过《在沙滩上》这本书。该书用低沉的笔调讲述了人类历史上最后一名核战争受害者在澳大利亚等待死亡降临的凄惨故事。1960年，这本书最为畅销，一部由这本书改编的影片，成为了该年度的优秀影片。那本书和那部电影均揭示了，在那个核军备竞赛的年代，现实的生活是多么令人恐惧和不安。

《在沙滩上》的作者是尼成尔·舒特·诺威（Nevil Shute Norway）。尼成尔·舒特·诺威1899年出生在英国，参加过第一次世



界大战。大战结束后，他在牛津大学读书，一心想成为飞行学工程师。1922—1933年，他在航空公司工作，在此期间，他发表了4部小说，其中一部经改编后搬上了银屏。他不想因为发表小说之事而被同事认为他不务正业，不够稳重，因而，发表作品时，他使用了教名尼威尔·舒特。20世纪30年代，由于将大部分精力放在创办音速有限公司上，因此，他的文学创作进度缓慢。他的公司主要为道格拉斯、福克尔和其他的公司生产飞机。

到了1938年，舒特的公司已有雇员1000多名，但是，正是在那一年，他自动退出了公司的管理层。他的自传中对这件事的记述很有哲理性。他写道，那时应该是他离开公司的时候了，因为在他的心目中，公司的创办需要两种人，即创业者和守业者。他已经成功地创办了这家公司，而他不适合做一名守业者，因而他选择了离开自己创办的公司，重新拿起了笔。在随后的岁月里，他几乎每年都能创作出一本新书。他于1960年在澳大利亚去世。现在，我们熟悉尼威尔·舒特的许多著作，以及许多根据他的作品而改编的影片，譬如，影片《在沙滩上》和《花衣风笛手》都是根据尼威尔·舒特的著作改编的。

舒特的作品笔调低沉，但是情节安排得却像瑞士表一样严密——情节之间衔接得如此完美，你读了他的原著50页之后，就会对整个作品爱不释手。他的这些作品提及到了一些在现实生活中让人感到十分惊奇的科学技术——他的作品远远不只是吸引读者，可以说是让读者着迷——从中，你可能看到更多的东西。作品中的典型人物性格内向，胆小如鼠，却能力卓越。而且，在早期的一些作品中，如《年老的战俘》和《雨季》，他调侃着各种神秘的东西。就这点而言，他的这些作品在风格上有点像约翰·斯坦贝克（John Steinbeck）早期的作品，但是，与斯坦贝克不同的是，舒特总能将作品的重点放在紧凑的故事情节上。《遗产》是舒特的巅峰之作，也被拍制成了一部电影。也许，你还能回忆



起这么一部电影，片名叫《像艾丽斯的小镇》，它就是由《遗产》改编而成的一部电影。

顺便提一下，《在沙滩上》并非舒特的代表作，因为他并不擅长撰写希腊悲剧式的作品。他在作品中，坚定地相信人类能解决人类自身的困难，决不会被这些困难打垮。舒特一生总共出版了23本小说，而且这些作品部部很畅销，虽然他取得了辉煌的文学成就，但是，他主要的身份还是一名工程师。他有一次说，他一直认为自己并不是一位作家，而只是一名会写东西的工程师。他的最后一部作品《工具室里的受托人》讲述了一位工程师被迫参加走私的故事。那位工程师走私的过程相当复杂。舒特的这部小说是1961年度关于逃窜的最畅销的小说，但是，该小说在一定程度上也可以视为一本工程技术方面的教科书。如果你从未读过舒特的作品，那就请找一两本来读一读，之后，你一定会大为惊奇。

就我个人而言，我认为舒特(Shute)最出色的作品是《没有高速路》，因为那部著作中所提及到的科学技术都超越了他所处的年代。如果你想弄清楚这一点，你就得了解《没有高速路》出版时，即1948年，航空业运行的具体情况。你还得明白，在《没有高速路》出版10年之后，即1958年，庞大的波音707喷气式飞机才开始服役，英国航空业由于德哈威兰德公司的彗星号飞机的出现而向前飞跃了一大步。1952年，彗星号飞机开始被用于运送乘客，这比波音飞机开始服役的时间提早了6年，但是，它与舒特的《没有高速路》一书的发表时间相比，还是迟了4年。

彗星号飞机服役刚满1年，灾难就降临了。一架从加尔各答起飞的彗星号飞机在空中遭遇雷雨之后，爆炸了，而事故调查组却没能找出事故发生的真正原因，最后，他们就将这次事故归罪于恶劣的雷雨天气。然而，8个月以后，又一架彗星号飞机在意大利海岸处阿尔巴岛海拔27000英尺的上空发生爆炸。由于从海



上几乎没找到飞机遗骸，从而无处追查事故的原因。3个月后，第三架飞机在地中海上空又一次爆炸，从此，彗星号飞机就被停止了使用。

后来，随着事故调查组调查的深入，事故的原因终于水落石出。原来，事故的发生都是由飞机的飞行舱引起的。工程技术人员在对飞机作了全面的疲劳检测，在不断地改变飞行舱的压力时，飞机的机翼出现了扭曲。当飞行舱所承受的压强超过 3000 帕时，飞行舱靠近舷窗的部位产生裂缝，而且这些裂缝会很快地四处蔓延开来。调查的结果表明，彗星号飞机的设计师在设计飞机时，忽略了飞行舱附近的铆钉的抗压能力。此后，飞行舱进行了重新设计后的彗星号飞机，于 1958 年又一次投入使用。彗星号飞机第二次参加服役的时间，仍然比波音飞机早了 5 个月。

舒特的公司曾经为德哈威兰德公司做过一些工作。彗星号飞机在进行最后的设计改装时，舒特的作品《没有高速路》出版发行了。在这部作品中，他讲述了“驯鹿”（Reindeers）号新型飞机在加拿大上空神秘失事的故事（我们细心一点就会发现，小说中不仅“冲击者”〔Dasher〕，“烈马”〔Prancer〕等型飞机，而且彗星型飞机，它们都是圣诞老人的驯鹿的名字）。一位名叫狄奥多尔·哈尼（The Odore Honey）的工程师被指派去调查事故的原因。狄奥多尔·哈尼有一套自己的理论。他认为，驯鹿号飞机，很有可能在经过长达 1400 小时的飞行之后，产生机械疲劳。但是，当时这一观点并未引起人们足够的重视，飞机飞越半个大西洋之后，素来对自己所处环境异常留心的他这时才发现，原来自己正坐在一架驯鹿飞机上。

经过询问机组人员，哈尼得知这架飞机在空中的飞行时间恰好在 1400 小时左右。哈尼意识到了飞机会失事，而且，飞机除他之外，尚有 200 多名毫不知情的旅客，他意识到自己完全有责任拯救他们（如果你不愿意读这本书，我建议你去观看一部名叫



《空中没有高速航线》的电影，去看看哈尼是怎样拯救旅客的。这部电影的主角哈尼由吉米·斯图尔特〔Jimmy Stewart〕扮演，玛琳·狄特瑞奇〔Marlene Dietrich〕也参加了拍摄工作。^[6]

舒特是怎样预料到驯鹿号飞机会失事的呢？亨利·帕特罗斯基（Henry Petroski）依据自己的想法，给出了确凿的答案。他认为，舒特在工程技术研究方面有很好的天资，正是这种天资使他预料到了彗星号飞机的必然失事。换言之，此时我们见到的舒特，与许多作家笔下的人物非常相似。技术发展和完善的过程本身便是一则故事。讲述技术发展史，有助于人们完善技术本身。人们在成功地建造出一台机器的同时，机器也在向人们讲述它发展过程中的故事。这就跟我和妻子在装配电脑桌时一样，无须说明书，仅根据各个部分的结构和特点，便能装配好电脑桌，这也就是跟舒特仅根据飞机的结构和性能，便能预料到彗星号飞机会失事一样，这也就是跟玛丽·雪莱在创作哥特体小说之时，仅让大脑依据现代机器运行规则考虑，便能帮助我们理解现代化计算机一样。最后我想说的是，机器本身就是一则故事。

[1] 见 R. M. Pirsig 所著的《摩托车保养的艺术和秘诀》（*Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*, New York: Bantam Books, 1975）。

[2] 有关梭罗作为一名工程师的更多的信息，请参阅 H. Petroski 的 *The Pen-cil: A History of Design and Circumstance* (New York: Knopf, 1990)。

[3] 有关 Robert Burns 引文，请参阅 K. Clark 的《文明：个人的视角》（New York: Harper & Row, 1969）的第 13 章“辉煌的物质文明”。有关 Shelley, Scott 和 Blake 的引文，请参阅这些诗人的诗作全集。例如，G. E. Woodberry 编辑的《雪莱诗歌全集》（Cambridge: The Riverside Press, 1961）；H. E. Scudder 编辑的《瓦特·司各特诗作全集》（Cambridge: The Riverside Press, 1900）；由 Robert Silliman Hillyer 作序的《约翰·唐纳散文选集和威



廉姆·布莱克诗歌全集》(New York :Random House, 1941)。

- [4]有关 M. Shelley 的引文,请参阅由 M. K. Joseph 编写的《弗兰肯斯坦与现代的普罗米修斯》(*Frenkenstein or and Modern Promitheus*, London; Oxford University Press, 1961)。
- [5]有关 Charles Babbage 的事迹,请参阅由 R. A. Heyman 编写的《Charles Babbage : 电脑界的先驱》(*Charle Babbage : Pimeer of the Computer*, Princeton, N.J. : Princeton University Press, 1982);由 J. Bernstein 编写的《电脑的过去、现在和将来》(*The Analytical Engines : Computer , Past , Present , and Future*, New York;Random House, 1964)。
- [6]请参阅 N. Shute 的《没有高速路》(*No Highway*, New York; William Morrow, 1948);除了 *No Highway* 这本书外,在本章提及过的 N. Shute 的其余著作已被众多的出版商以不同的书名出版。我建议你通过电脑查阅你所在学校的读书目录。你将会发现许多有趣的事情。同时, Henry Petroski 也在《设计是人类的天职——论失误在成功的设计中的作用》(*To Engineer Is Human : The Role of Failure in Successful Design*, New York: St. Martin's Press, 1985)的第 14 章中谈到的 *No Highway* 与彗星号失事之间的联系。



第 17 章 身在其中

最后，让我们来谈谈禁用的第一人称——我。讲故事时，只有当讲述者是参与者时，他的叙述才会真实。但在科学和工程学领域却广泛存在一个特有的谬误，一个竟还是为了达到一个崇高的境界而导致的谬误。几十年来，源于科技学术的这种谬误好像流感一样迅速蔓延，远远超出了最初使它抛头露面的技术类期刊杂志的范畴。我们初衷是使我们像蒙着眼睛的正义者一样，保持公正、理性、客观，甚至是保持漠然。为了做到这些，我们力求用事实说话，从不用第一人称描述我们的研究。因而，我们不说“我在解这个方程式时，得出 $y = \log x$ 的结论”，却写道“该方程式的解为 $y = \log x$ ”。

我们把自己的所作所为变成不露任何人为痕迹的客观事实。在某种程度上，我们必须如此。我们的事实应是充分的，完全不需要我们的主观想法来支撑，因而，超脱的第三人称大行其道，但要彻底泯灭自身也并非如此轻而易举。

假设我认为某个工程师，我们权且叫他胡浦——有错误。我对他的看法无非是个人观点，决非客观事实，但我看上去必须是客观的。于是我写道：“据信胡浦是不正确的。”这是个很轻率的攻击。我既表露了自己的真实观点，又不用为此负什么责任，看起来我似乎是在表达人们对胡浦的否定。在不怎么光彩的所谓



“客观”的名义下，我让别人觉得似乎整个行业都认为胡浦是个笨蛋。现在的电台和电视台记者都是这么做的。每每听到他们说：“预期国会将通过该议案”时，我就会感到不安。谁预期的？播音员？民主党？某政府官员？也许是从某院外游说团体得来的消息。因此，我们得到的只是些模糊不准确的東西，而非我们所追求的客观事实。如果我们的工作真的是在绝对客观的条件下完成的，我们才能那样描述。但人总是参与其中。他们会思考，会行动。要是我们未能如实地记述人类的介入，我们就是不诚实的，所谓的客观就会变得毫无意义。

我们创造的事物向世界证明着我们是些什么样的动物。真正的客观意味着只要故事中有人存在，它就要讲述人类的活动和思维的参与。不过，科技和商业用语却充斥着这样的说法：“这里描述的是一种新反应器，据信，其性能优于胡浦反应器。”在这里，我并非在泯灭本我，我只是将本我藏在一个盒子里，使它在那儿得以无限膨胀。如果真要保持客观，我就应该讲：“我曾尝试改进胡浦式反应器。现在让我描述一下我的设计，然后由您来评判。”这里不仅仅是选择文体的问题，而是关系到我们是否率直坦率。俗话说得好：“羞于言者禁于行。”在实践中，则意味着我们只做那些能坦然说出的事，并且直言我们做了什么。只要我们用真实清楚的言语讲述我们的所为，客观性就会油然而生。

因此，我这个关于科技和创造力的电台节目必须多多少少有些自传成分。对于一个科技工作者来说，不用第一人称来记录我的所为，就像通过打电报来散布我对胡浦的反感，却又不承认这一点。然而，让我用第一人称来叙述的确有些困难。这就像我第一次试图从跳板上反身跳水一样，这一举动与我一生受到的自我保护训练背道而驰。反身跳水为各种各样的危险大开方便之门——诸如暴露自我的危险，说得太多的危险以及失去所谓学术权威性的危险。



因此，我将通过回忆过去的飞跃发展，通过有意识地将自己穿插其中，来总结这个对科技和科学态度的探索节目。这并不是说我亲身经历了许多历史性的重要时刻。我既未出现在沉船泰坦尼克号的甲板上，也未曾亲手合上那个打开胡佛水坝排水闸的开关。莎翁名剧中亨利五世在阿尔库尔战役到来之前对他的军队说：“这个时刻，躺在床上的英格兰绅士听到我们这些一起打仗的人在圣克里斯宾（St. Crispean）节^①所说的话，日后都将会懊悔怎么不是他们在这儿。”

我并非强调在科学的圣克里斯宾节我在场。但是，和所有人一样，我一直亲眼目睹也亲身参与了在我们生活中所出现的科技和创新。这个广播节目需要我不仅依照书本，更要依据个人经历来讲述这些技术与创造。我将坦诚地结合自身经历讲述科技发展的来龙去脉。比如，谈到电台的发展历程时，我将从我的父亲开始讲起。我的父亲在伊利诺斯州一个名叫那府的美籍瑞士人聚居地长大成人。

父亲向我谈过这样一件事：19世纪90年代末有一天，他回到家中，发现他母亲正冲着安在墙上的怪盒子大喊大叫。那是他第一次见到电话。我也不理解当时她怎么会把它买回家。从这个新奇古怪的装置上，她预见到了什么吗？贝尔于1876年获得了电话专利权，而到1880年为止1000个美国人中只有1个人有电话。我父亲回家的那天，见到的电话只是70个电话号码中的1个。在20世纪初的那25年，电话根本没有得到普及。

回忆过去，再审视那些陈旧电话广告，我们会发现这项发明只有经历了过去的一切，才能变成现在这个样子。人们最初的看法是用电话来代替电报。广告人宣扬在发送新信息、订购食品杂货以及传送紧急消息方面，电话均优于电报。发电报最重要的是

^① 基督教中工匠、手艺人的节日，10月25日。——译者注



要简洁，这一套路也转到人们对电话的态度上。聊天说闲话还是遭到了人们的反对。当时，电话公司不断抱怨用户用电话来谈些琐碎无聊的事，并规劝他们要讲求实效。毕竟，电话是很重要的发明。

直到 20 世纪 20 年代，电话公司才开始了解到人们为什么要使用这一奇妙的装置。人们希望通过电话彼此建立一种带有某种生命气息的联系。于是，贝尔公司这样告诉那些长途电话的用户：“你的声音就是你！”在 20 世纪 30 年代 AT&T 公司率先提出了我们“伸展自己，感受他人”。今天，即便是在商业领域，我们也是为了保持联系而使用电话的。电话联系了分散在各地的家庭成员，使人与人之间的友谊地久天长。^[1]

亚历山大·格雷汉姆·贝尔（Alexander Graham Bell）当时就预见到了电话的社会功能，但早期像他一样的制造商和用户却都未能看到这一点。令我感到遗憾的是，直到父亲去世那天，他都没有习惯通过长途电话和我轻松聊天。到了我们这一代人们才真正看到，电话的根本用途是社会交流。我们创造的工具教育我们，启迪我们，同时又在我们生活中扮演着角色。有些发明推广得很快，而电话则用了很长的时间才得以广泛应用。

一如我对电话的理解来源于父亲的经历，我对打字机的理解也不是哪一本书上得来的，而是源于放在我书房里书架上一件古怪的老古董。那是我曾祖父的书信簿，一个只剩下了棉纸和封面的本子。那时，每张正规纸都夹在两张棉纸之间，曾祖父就用鹅毛笔在这样的纸上写信。信纸未撕下寄出去之前，他会先用棉纸把墨迹吸干，这样，就无意间便留下了复印件。一封写于 1891 年的电报式短信在棉纸上留下了这样的印记：“绅士们，敬请告知从贵站托运一车皮木屑的费用。”

为什么他要用如此简陋的方法呢？到 1891 年复写纸已经问世约 22 年了，但因鹅毛笔蘸墨写字无法用力，无法得以推广使



用。有了打字机和复写纸，复印才成了一件轻而易举的事。而打字机恰恰就在那时出现了，那么，我们得想想为什么曾祖父不用打字机呢？

克里斯托夫·索尔斯（Christopher Sholes）于1867年开始改进打字机。他找了些合作伙伴并逐步取得了一些成果。1872年，这些发明家找到了一家生产轻武器的雷明顿（Remington）公司来生产他们的新产品。内战结束之后，恰巧这个公司也需要开发一些枪支以外的新产品。第一个雷明顿打字机于1874年诞生。到了1878年，打字机已经改进得和近代打字机性能相当了。那么，为什么到了1891年，曾祖父还在使用鹅毛笔和吸水纸呢？

到1880年为止，打字机仅仅售出了5000台。打字机确实是一个令人兴奋的新玩意儿——人们喜欢看到这些陈列在商店里的新机器——但不是人们想要的能在日常生活中用到的东西。在维多利亚时期，写信是一种礼节，也是一种风俗。当时，写一手好字是绅士淑女身份的象征。而一封打出来的信仿佛就是广告印刷单。甚至连蛰居乡下的农民第一次收到这种信也会感到受到了怠慢。他会回信说：“您没必要把信打出来，俺读得了手写体。”

刚开始，雷明顿公司生意惨淡，因为他们想把这些机器卖给一户户家庭。而最后，由于这种机器在商界展示了价值，他们取得了成功。1880~1886年6年间卖出的打字机是前6年的10倍。1891年曾祖父写信给木材厂的时候正赶上这股浪潮。到那时为止，大多数小公司都至少有一台打字机。^[2]

像其他许多机器一样，打字机一旦发明，我们就必须学会怎样有效地使用。我们毕竟喜欢收到朋友们手写的便条。但在当今这样效率至上的世界里，我们如果坚持手写信件，使用吸墨纸记事本，我们又能坚持多久呢？

当然，我现在写什么都用文字文档，并且（多半）连纸都不用就以电子邮件形式发送出去。20世纪80年代，我刚开始使用



文字文档时，仍要用点阵打字机把邮件打出来。那时，我把母亲的老式坐地缝纫机当打字机的台架。打开这台造于 1905 年的缝纫机，把缝纫机机板放平，把打字机放在机板上边，把纸张放在踏板下面，纸就会自动送入打字机后面。这一切是如此的干净利落，以至于你会觉得缝纫机就是专门来做打字机台架的。

我母亲一生都未曾用电动缝纫机取代这台机子。她喜欢使用这台机子时那种手脚的配合。我喜欢这铁制台架新潮精美的艺术设计，喜欢那桃木缝纫机机板的天然纹理，也喜欢那漂亮木制装饰线条。我知道只要我用力推一下，它就能开始工作。我喜欢这种感觉。

缝纫机的发明是工业革命的产物。一下子生产出了这么多布，必须得有人发明个机器把这些布都缝制起来。1790 年，英国人托马斯·圣（Thomas Saint）设计了当代缝纫机的雏形，并申请了专利。随后的 50 年，一个又一个专利逐步改进了缝纫机的不足，使它能完成以前靠手工才能完成的复杂工作。1846 年埃利奥斯·豪（Elias Howe）取得了缝纫机的全权专利权。一时间，市面上涌出了大量的假冒产品，并引起一场混乱的专利之战。缝纫机的主要发明人成立了缝纫机公司，并付给埃利奥斯一笔可观的专利权税。这次联合产生了一个工业巨头——胜家缝纫机公司。

我母亲的缝纫机是由威尔考克斯·吉布斯（Willcox-Gibbs）公司生产的。该公司于 1856 年詹姆士·吉布斯（James Gibbs）取得链状针眼编织机的专利前后成立的，并因价格便宜而成为胜家缝纫机公司的众多有力竞争者之一。直到 20 世纪 60 年代，该公司仍有生意上门。1859 年，《美国科学》杂志这样评价詹姆士·吉布斯公司产的缝纫机：“让人惊诧的是，在短短的几年里，这种缝纫机就从科技奇迹变成了家庭必需品，并且大受欢迎，广为流行。”^[3]这的确是事实，购买缝纫机之风迅速席卷全国。革命性的缝纫机改变了美国人的生活。



一架 Wilcox and Gibbs 牌缝纫机，引自《Appleson's 应用机械百科全书》，1892。

我6岁那年，母亲让我躺在一张牛皮纸上，她给我度身画形作为纸样，缝制了一个像人形一样的东西，里面添上棉花，用抽丝刺绣法给它做了张脸，用褐色纱做头发，还给它穿上一套自家做的衣服。就这样，她送给我一个真人大小的“我”，一个与我酷似的玩具，作为玩伴。

望着这台古老的机器，我就想到了我母亲的奇思妙想，她对我的真切关怀以及她高超的缝纫技巧。这些由我们创造的机器，造型美观，结构复杂，充分展示了我们的智慧。在我记忆中，它们对美国家庭生活产生了巨大影响。

如果说我对电话、打字机和缝纫机的理解分别来自父亲、曾祖父和母亲，那么我对收音机的理解则直接得多。因为20世纪二三十年代，我正在读小学。我是在收音机长期陪伴下长大的第一代。那时候，晚上全家人会聚在收音机旁听节目。虽然只是一个简简单单有着圆形顶部的小盒子，但我会好奇地看看收音机的后面，仔细打量它那些闪闪发光的电子管。收音机看上去像一



棵缩小了的圣诞树，却有一股神秘的力量从天空捕捉惊险，然后在我家客厅里播放。放了学，我们就听节目《孤独的巡逻骑警》和《杰克·阿姆斯特朗》

而在晚上，我们就只好收听成年人的节目：杰克·班尼（Jack Benny），弗莱德·艾伦（Fred Allen），各种类型的美妙音乐。一个十月的晚上，我父亲调到了节目《水银剧场》。他收到这个节目时，该节目已经开始了一两分钟。广播员正在兴奋地报道一颗巨大的陨石落在了新泽西中部，然后他又调到了一个不固定的节目单元。对我来说这就像正在进行某些不可思议的事情，有个东西，有个生机勃勃的东西正在从火山口喷出来！

这个节目火爆起来了。这当然就是所有广播员中最出名的节目——奥尔森·威利斯（Orson Welles）播出的H·G·威尔斯（H. G. Wells）的小说《星球之战》（*The War of the Worlds*）。直到下午7:15，火星侵略者已是满腔怒火。他们横扫美国明尼苏达州，向我那温暖的小家开进，一路上看见什么毁灭什么。当电台节目中断时，我在父亲面前说出了我的恐惧和由恐惧而引起的兴奋激动。“这是真的吗？”我问道，他笑着说：“我也不知道。我们最好等着继续听。”当我最终知道这只不过是虚构的故事时，不禁感到有些失望。地球是安全的，至少在第二次世界大战爆发前是如此。

收音机于我就像格林童话之于很久以前的孩子们，它拓展了我们的思维，它向我们展示了一个正义与邪恶、荣誉与欺骗、痛苦与欢乐并存的世界。收音机给我讲故事，让我自己展开想象，补充各种细节。通过收音机，我听说乔·路易斯（Joe Louis）——一个具有传奇色彩的人物——在第一轮比赛领先德国冠军马克斯·斯科米林（Max Schmelling）两分钟，粉碎了旧德国的冠军梦。1937年，我在收音机里听到了兴登堡号齐柏林式飞艇突然起火的消息。目睹这个谁都不愿看到的惨剧，播音员的声音随着升



腾的火焰和噼啪的爆炸声高了起来。后来，他伤心至极，哭着说“噢，人们啊”。这时，我才意识到虚幻世界与现实世界的差别。

当今，那样的广播节目太少了。商业电台就是为了传播商业信息。他们要的小把戏就是要分散我们本来就维持不久的注意力——除了商业广告，什么都是简单之极。我幼时的电台节目则纯朴得多，经常转播话剧、戏剧乃至地方会议。广播牢牢吸引我们，它进入我们的右半脑，它触及我们的心灵深处，它让我们能够充分展开想象，获得心灵自由。

要是你也有些年纪了，你应该记得在20世纪30年代，你9岁的时候是怎样陶醉在白日梦里的！收音机给我们提供了很多故事和白日梦。收音机讲给你听，而你脑海里则浮现出图画：这真是完美的组合。那时候一家往往只有一台收音机，所以你收听之前必须征得父母同意。但总是听不了多久，你就会被叫开干些什么——要么去上学，去吃饭，要么去做些家务琐事，要么去上床睡觉。

有一个办法可以解决这个问题，但做起来并不容易。你可以自己做一个晶体装置。那是一种简单原始的收音机，其核心是一块方铅矿的多晶体，这个晶体代替收音机的整流器。你用一种极细的电线制成的探针，这种探针叫做“猫须”，点击其表面并不断移动，迟早你能找到一个位置，正好对应于你设在自制线圈上的电台。信号很微弱，还没有扩音器。但是你可以用耳机来听。有了自己的晶体装置，你就可以在母亲说了晚安之后，用被子蒙住头，想听多久就听多久了。还能收听些音乐或《我爱悬疑剧》这类节目，而且没有人会知道。

《带播图的技术手册》或者任何一本此类入门书籍都会详尽地介绍如何把五金店里的零件组装成一个简易收音机。但你不过只有9岁，难免总会出错——电线松了呀，线圈缠得太坏呀之类。而且你怎么也琢磨不透怎样让你自制的收音机在被子下面效



果更好些。结果，你还是得拿着手电筒窝在被子里看漫画书。

自19世纪末收音机问世以来，它以惊人的速度渗入到美国人的生活之中。不过几年之后，1910年出版的童子军操作手册就指导我们如何通过收音机赢得优胜奖，你只需凭记忆画一张完整的接收器电路图，然后用电子管，而不是晶体做一台收音机，并且用它来接收40公里外无线电发射机发出的信号。

问题是那本操作指南是给14岁孩子看的，而作为一个9岁的孩子，要真正做一台收音机比只动脑筋想想怎么办要难得多。于是，你只能满怀希望地做白日梦而已。当然，那个希望最后变成了现实。如今，我们都能让肖邦（Chopin）和布赖顿（Britten）陪我们入睡。但你仍希望，哪怕只有一次，能轻而易举把某一个多变的晶体摆弄好，让它唱着歌儿伴你入睡，那该多好！

20世纪20年代期间——在电视、有声电影和像样的录制品未出现之前——我母亲制作了自己的广播节目。一个活页乐谱商店雇佣她弹钢琴，演奏最新发行的歌曲，以此来促销。她让自己的兄弟唱了一曲《曼德勒之路》，使他开始从事广播事业。虽然此曲并未给他带来音乐方面的显著成就，但却使他后来成为三四十年代颇有名气的广播新闻记者。从20世纪20年代到40年代，我父亲是一家报纸的经营者兼编辑。简言之，我是一个由媒体哺育成长起来的孩子。我渐渐明白能进行清楚、坦诚、让人愉悦的交流同远离偷窃和谋杀等罪行是同等重要。

但我并不适宜于从事家族产业，因为我饱受一种今天常见的词语失序症之苦，口吃得厉害，而且读写能力很差，我从不指望自己在公共场合大出风头，而且希望在车间里能颇有成就。我制作飞机模型，在树上搭小屋，自己给自己做玩具以及所有我能想到的别的玩意儿。

虽然在第二次世界大战末期一个春天的下午，父母的耐性受到了严重的考验，我的父母亲似乎很满意这种兴趣的转换。日本



人挣扎在最后的绝望之中，开始趁西风放气球（见第10章），每个气球上都装着一个小型燃烧弹，以期到达美国北部制造麻烦，幸运的是美国并不像日本人想象的那样易燃，这一次对美洲大陆的攻击并未造成损失，只是点燃了媒体的巨大兴趣。

于是，我开始着手发射我那个2米高的用纸糊的热气球，上面画着我所认为是日本文字的符号。我还做了一个燃油的小型加热器，以使气球能浮到空中去。可我父亲看见之后，要我立即住手，我感到困惑和受到了伤害。虽然我是媒体的孩子，但我还不明白无论是媒体工作者还是媒体的孩子们都不能制造新闻。

我就这样长大了。高中毕业，进入大学，后来，获硕士学位，最后在朝鲜战争后期应征入伍。1954年，我在新泽西州蒙茅斯要塞（Fort Monmouth）的信号部队服役时，设计一种测试仪器，可用于检测一种能制造革新装置——晶体管的材料。那时，我们谁都没想到，通过这个新鲜的小玩意，我们将改变地球这个行星上的生活。我只是不停地工作，涮盘子，练队列，发明了先进的高温熔炉。

一个炎热的夏天，放了一天假，我离开蒙茅斯要塞，走上高速公路，招手搭了便车。当时，我的公文包里有一本热力学课本，我打算找个安静的地方写写信，读读爱因斯坦的热力学理论。我搭的车恰好是去普林斯顿。听起来很不错。于是，我问司机：“爱因斯坦是住在那儿吧？”他说是的。结果，我在学院门口下了车，打听爱因斯坦住在哪儿，并被告知他就在该城3公里外的高等研究所工作。

所以我决定走访那个研究所。我在大厅坐了很久，一会儿看看热力学课本，一会儿看着高智商人士来来往往，可惜没有见到爱因斯坦。最后，我放弃了这次特别安排的朝圣，准备打道回府。可是走到拐角处的时候，我往后望了望，看到大约两个街区外的一个身影。太阳在他身后，阳光透过他那一头蓬乱的白发，



投下了一个明亮的光晕。我像看着一场高尔夫球赛，痴痴地站在那里，直到爱因斯坦从我身边大步流星地走进城。我跟在了他后面。

爱因斯坦看起来精力充沛，边走边和邻居朋友打招呼。然后他停下来，把公文包放在篱笆上。我吓坏了。他发现我在跟着他了吗？不是这样的，他不过是在脱蓝色套头衫。我走到他身边，看到他身着 T 恤衫，外面套着一条宽松背带裤，脚穿着拖鞋——没穿袜子。这非常符合那个老套的描写，惟一不相符的是他本人的身体状况。他当时 75 岁，之后不到一年就去世了，可当时，他身体非常强壮，体态优雅，行动有力，动作协调。有多少人知道他是一个优秀的小提琴手呢？爱因斯坦不仅象征着空灵的能和光。他也有质量，也有物质存在，也是一个有血有肉活生生的人。

我那本热力学书早已破旧不堪，但仍没有爱因斯坦的签名，如今就放在我的书架上。^[4]我当时实在太害羞了，没准备好，也没拿定主意，结果就没有去跟他说话。3 年之后，由于一个非常侥幸的巧合，我为他的儿子，土木工程师汉斯·阿尔伯特·爱因斯坦（Hans Albert Einstein）设计了一个装置。我并未向他提及普林斯顿之行。之后，又过了 6 年，我遇到了他的孙女，同样也没向她提过普林斯顿之行。

一个世纪后的其他名人——包括艾森豪威尔、丘吉尔——都在这个沉默寡言的人的光、能量和质量面前黯然失色；在这个站在破篱笆旁，思忖着星体的各种力和多样场的男人面前黯然失色——这个男人让我们认识到这个世界要比我们目及范围更加丰富多彩。我继续学习爱因斯坦的理论：统计力学，布朗运动理论以及玻色 - 爱因斯坦凝聚。通过学习，我又了解到他哲学的模糊性、矛盾性和复杂性。但所有这些给我印象最深的还是那个和邻居打打招呼，忙里偷闲闻闻玫瑰花香的老人。我的爱因斯坦将永



远都是那个夏日我在普林斯顿遇到的那个不修边幅的老人——那个只要我开了口，就肯定会在我的热力学课本上签名的慈祥老人。

我在本章开篇时说过，克里斯宾节时，我不在阿尔库尔（阿尔库尔战役所在地）；在人类登上月球的伟大时刻，我不在发射控制中心。我的人生不比你的人更加辉煌，可能还不如你的人。当第一枚原子弹爆炸的时候，我也没在“三一”试验场（感谢上帝）。但我最初是和那个设计了“胖小子”原子弹爆炸方式的人一起学习了那本破旧的热力学课本。虽然发明集成电路的人不是我，但我和许多其他人一样在晶体管发明伊始，予以精心呵护。我也并未真正认识爱因斯坦，但我一直感到他的存在。我曾用过一个测量员的经纬仪，它和乔治·华盛顿用过的几乎一样，并且我曾经开车行驶在我参与铺设的公路上。我进行过设计，作过分析，规划过施工草图，依据现象提出了一些理论，并看到了这些工作所带来的最后成果——那些正在发挥着作用的机器。

你不可能在人生中也列出这样一个单子。我曾身在其中，你也不例外。你和我都是这巨大变草的一部分。是你和我创造了我们生活的世界。让我们，你和我，暂且把被动语态放到一边，欢呼：“我是！”

在饮酒谈笑间将这些名字重新记起，
好人会将那故事讲给他儿子听，
克里斯宾节将世代流传，
从今天直到世界末日，
而里面的我们永不会被忘记。
我们，幸运的少数，是一支兄弟队伍。

——威廉·莎士比亚

《亨利五世》，第4幕，第3场



- [1]C. S. Fischer, and G. R. Carroll, 《电话和汽车在美国的普及化过程:1902~1937》(“Telephone and Automobile Diffusion in the United States, 1902~1937”, *American Journal of Sociology*, 93, 5, [1988]:1153~1178)。
- [2]C. Monaco, 《打字机的难产》(“The Difficult Birth of the Typewriter”, *American Heritage of Invention and Technology*, spring/summer 1988, 10~21)。
- [3]G. R. Cooper, 《缝纫机:缝纫机的发明与发展》(*The Sewing Machine: Its Invention and Development*, 2nd ed., Washington, D. C.; Smithsonian Institution Press, 1976)。
- [4]本篇中提到的热力学课本指的是《热力学教程》(*A Textbook of Thermodynamics*),作者为 P. Epstein